

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO GUIDES LIBARDONI

FLUXOS FLUVIAIS DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO PARA O
COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL.

PONTAL DO PARANÁ

2011

BRUNO GUIDES LIBARDONI

FLUXOS FLUVIAIS DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO PARA O
COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL.

Monografia apresentada à disciplina de Estágio Supervisionado I, como requisito parcial à conclusão do curso de Oceanografia com Habilitação em Pesquisa Oceanográfica, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof^a. Dra. Eunice da Costa Machado e Dra. Byanka Damian Mizerkowski

PONTAL DO PARANÁ

2011

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu grande amigo José Fernando Baggio Vicelli, pelo apoio e críticas a este trabalho.

AGRADECIMENTOS

“Hoje, chego à conclusão de que escrevo porque quero dizer umas coisas e acho a palavra oral muito perigosa. Escrever é mais fácil do que falar. Quando escrevo e não gosto do texto, eu o rasgo. Jogo fora, apago, deleto, sumo com aquilo. Mas quando falo uma coisa errada, não recolho a palavra nunca mais. Isso me incomoda muito.”

Para pontuar os agradecimentos cito Bartolomeu Campos de Queiróz, sábio autor destas palavras, e, sem medo de ferir alguém com a palavra dita, escrevo.

Meus sinceros agradecimentos às pessoas que criticaram e respeitaram minhas escolhas, confiaram e questionaram meu trabalho, e que foram essenciais para meu crescimento e maturidade.

Agradeço aos meus pais pela formidável educação proporcionada, pelo conforto e crescimento.

Ao meu pai, Jair Libardoni, homem de coração honesto, espinha ereta, das coisas tornadas simples e de independência moral, sou grato às conversas e conselhos.

À minha mãe, Ana Maria Guimarães Guides, pela fibra, pelo carinho e pelas discussões que me fizeram crescer tanto.

À Joana Satiko Kodama, pela nobreza, apoio, sabedoria e tranquilidade. Sem suas palavras, não seria possível a evolução do meu trabalho.

Aos meus irmãos, Lucas Libardoni, Vinicius Kodama Yoshinaga, Luís Gustavo Guides Cortiano e Lucas Issey Kodama Yoshinaga, por todos os momentos de discórdia, conflitos, carinhos, sentimentos e sensações compartilhadas. Tê-los em minha vida, me engrandece.

Manu (Manuela Zeglin Camargo), apenas poucas palavras podem descrever o que passamos, e, muitas palavras poderiam descrever o quanto sou agradecido pelo nosso “crescimento partilhado”. Nunca soube expressar meus sinceros agradecimentos. Sem você por perto, o caminho seria outro. **V.-J. – M.-J.** Obrigado pela dedicação e paciência, pelas tantas ajudas proporcionadas, até mesmo neste trabalho... Como eu brincava, “embelezando a obra”. Orgulho-me de te ter por perto e enxergar o quão longe fomos.

Aos grandes amigos que fiz neste percurso, Zé (José Fernando Vicelli), Lipe (Felipe Zanlorenzi), Flá (Flávia Zanlorenzi), Fernandinho (Fernando Hirata), Bocão (Fábio Hirata). Obrigado pela amizade, pelos momentos de silêncio, e risos, sou eternamente grato.

Aos grandes amigos que me acompanharam neste percurso, Ike (Henrique Bonacin), Tio Ali (Pedro Henrique Bessa), Frade (Guilherme Frade).

Confesso ter criado um enorme carinho pelo “GRR2007”, meus amigos, companheiros, parceiros de curso. A “pior sala” tornou-se a melhor. Tantos momentos devem ser cultivados e apenas alguns esquecidos.

Não esqueço as ajudas importantíssimas que o grupo do Laboratório de Biogeoquímica Marinha, proporcionou-me; Obrigado Bian, Lou, Marília, Tai, Thaís, Luana, Lici, Rodrigo e Zé.

Ao Lec, pelos conhecimentos, experiências, trabalhos, e amigos, Glau, Cami, Li, Cá, Giba, Lu, Val, Gle, Bia, Lyn.

Ao Institute of Coastal Research (HZG), Maik, Willi, Armando, Marcus, Martina, Henrike. E também aos meus companheiros de GästHaus.

Ao Uwe Posner, pela amizade, conselhos, conversas, pelas oportunidades proporcionadas, e pela singular experiência na FerryBox.

À minha orientadora e mãe da química, Eunice da Costa Machado, pela chance dos trabalhos no laboratório, lugar onde sem a menor dúvida, aprendi oceanografia; pela liberdade de trabalho oportunizada, permitindo meu amadurecimento e aprendizado.

À minha orientadora, Byanka Damian Mizerkowski, agradeço pelas “rédeas” curtas, que me direcionaram ao lugar certo.

Agradeço à Van, à Thaís, Re, Manu (Aracaju), Léo, Maikon, Deysi, Josi, Banza (Nath), Mari, Niff, Carica, Mineiro, Juninho, Guigo, Dani, Thiagueira, Fabi, Mayu.... TODOS que fizeram parte dos longos anos de faculdade.

Aos professores Carlos Roberto Soares, Paulo da Cunha Lana, Eunice da Costa Machado, Maurício Camargo, Maurício Noernberg, Eduardo Marone, Henry Louis Spach, César de Castro Martins, Marcelo Renato Lamour, Hedda Elisabeth Kolm, Erica Vidal, José Guilherme Filho Bersano, Naína Pierre, Lilian Medeiros de Melo,

Ricardo Krul, Luis Mafra, Carlos Alberto Borzone, Frederico Brandini, Naína Pierre, pelas informações, conceitos, e experiências.

Finalmente, agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, e à UFPR pela oportunidade de formação.

*“A vida é como andar de
bicicleta, é preciso estar em
movimento para manter-se
em equilíbrio.”*

Albert Einstein

*“O norte estava onde o
desejo apontava.”*

**Bartolomeu Campos de
Queiróz**

*“Pecar por excesso a parar
por covardia.”*
Roberto Burle Marx

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: ESTADO DO PARANÁ COM A REPRESENTAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA. FONTE: BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ, 2010. | 6 |
| FIGURA 2: COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, MOSTRANDO OS 11 RIOS INVESTIGADOS. FONTE: LABORATÓRIO DE FÍSICA MARINHA, CEM, UFPR..... | 7 |
| FIGURA 3: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DAS LARANJEIRAS. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ. | 8 |
| FIGURA 4: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE ANTONINA. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ | 10 |
| FIGURA 5: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE ANTONINA, SUB-REGIÃO BACIA DE DRENAGEM DO RIO NHUNDIAQUARA. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ. | 11 |
| FIGURA 6: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE PARANAGUÁ. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ. | 12 |
| FIGURA 7: A) COLETA DE ÁGUA; B) ARMAZENAMENTO EM FRASCO DE PVC; C) MULTISONDA YSI. | 14 |
| FIGURA 8: FLUXOGRAMA ANALÍTICO APRESENTANDO PASSOS DE COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA..... | 15 |
| FIGURA 9: CORRELAÇÕES: A) PERÍODO AMOSTRAL; B) MÊS DE JANEIRO/09; C) PERÍODO AMOSTRAL, SEM OS DADOS DO RIO GUARAGUAÇU; D) MÊS DE JANEIRO/09, SEM OS DADOS DO RIO GUARAGUAÇU; E) RIO TAGAÇABA, MENOR COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ENCONTRADO; F) RIO GUARAQUEÇABA, MAIOR COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ENCONTRADO; G) RIO GUARAGUAÇU..... | 18 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 10: PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA POR MÊS DAS ESTAÇÕES REPRESENTANDO O EIXO LESTE-OESTE, O EIXO NORTE-SUL E A PLANÍCIE COSTEIRA. | 19 |
| FIGURA 11: MÉDIAS DIÁRIAS DE DESCARGA FLUVIAL (m^3/s) PARA O PERÍODO AMOSTRADO..... | 20 |
| FIGURA 12: MÉDIAS DE DESCARGA FLUVIAL DE TODOS OS RIOS PARA O PERÍODO AMOSTRAL..... | 20 |
| FIGURA 13: MÉDIAS DIÁRIAS DE DESCARGA FLUVIAL (m^3/s) PARA OS RIOS AMOSTRADOS. | 22 |
| FIGURA 14: A) MÉDIA DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS MENSAIS, EM $^{\circ}\text{C}$, DA ÁGUA SUPERFICIAL DOS RIOS AMOSTRADOS; B) MÉDIA DAS TEMPERATURAS, EM $^{\circ}\text{C}$, DA ÁGUA SUPERFICIAL PARA CADA RIO AMOSTRADO..... | 23 |
| FIGURA 15: MÉDIA DAS TEMPERATURAS, EM $^{\circ}\text{C}$, DA ÁGUA SUPERFICIAL DOS RIOS AMOSTRADOS..... | 24 |
| FIGURA 16: DIFERENÇAS NOS FLUXOS MÉDIOS DIÁRIOS ENTRE OS COMPARTIMENTOS PRÉ-ESTABELECIDOS..... | 31 |
| FIGURA 17: VARIAÇÕES TEMPORAIS NOS APORTES DE COD (TONELADAS)... | 32 |
| FIGURA 18: DIFERENÇAS NO FLUXO MÉDIO DIÁRIO (kg/dia) ENTRE OS COMPARTIMENTOS, DURANTE AS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA. | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO GUARAGUAÇÚ. | 25 |
| TABELA 2: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO SAGRADO. | 26 |
| TABELA 3: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO NHUNDIAQUARA..... | 26 |
| TABELA 4: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO CACATU. | 27 |
| TABELA 5: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO CACHOEIRA.. | 27 |
| TABELA 6: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO FAISQUEIRA.. | 28 |
| TABELA 7: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO TAGAÇABA.... | 29 |
| TABELA 8: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO SERRA NEGRA. | 29 |
| TABELA 9: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO GUARAQUEÇABA. | 30 |
| TABELA 10: DIFERENÇAS ENTRE OS COMPARTIMENTOS ₇ NAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COD E NAS DESCARGAS FLUVIAIS MÉDIAS.... | 31 |

TABELA 11: DIFERENÇAS PERCENTUAIS NAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COD, NAS DESCARGAS FLUVIAIS MÉDIAS E NOS APORTES MÉDIOS DE COD, ENTRE AS ESTAÇÕES CHUVOSA E SECA. 33

TABELA 12: DIFERENÇAS SAZONAIS PERCENTUAIS DOS COMPARTIMENTOS NAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COD, NAS DESCARGAS FLUVIAIS MÉDIAS E NOS APORTES MÉDIOS DE COD, ENTRE AS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA. 34

TABELA 13: DESCARGA FLUVIAL TOTAL DOS RIOS AMOSTRADOS E DO SISTEMA DE DRENAGEM DO CEP E AS SUAS RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES GLOBAIS; FLUXOS DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO E SUAS RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES GLOBAIS..... 37

RESUMO

O crescimento populacional desordenado e a degradação excessiva dos recursos naturais, como os cursos d'água, limitam a sustentabilidade dos sistemas naturais e dos humanos que deles dependem. Dentre os diversos constituintes particulados e dissolvidos, carregados por estes cursos d'água, encontra-se o Carbono Orgânico Dissolvido (COD), cujo transporte e ciclo biogeoquímico podem ser transformados e modificados pelas atividades humanas. Este constituinte é de grande importância nas interações entre oceano-atmosfera, durante sua decomposição, atua como um exportador de CO₂ para a atmosfera, sendo assim, determinante para a compreensão do ciclo biogeoquímico marinho do carbono, e dos ciclos globais do carbono orgânico. O objetivo deste trabalho foi investigar a contribuição fluvial de Carbono Orgânico Dissolvido nos principais afluentes do Complexo Estuarino de Paranaguá. Dessa forma, coletas mensais de água foram realizadas em onze rios que compõem a Bacia Hidrográfica Litorânea, durante os meses de Junho/08 até Janeiro/09. As coletas foram feitas em garrafas de polietileno, e as amostras d'água filtradas (0,2 µm) e analisadas em analisador Shimadzu TOC-5000 (HTC) para se obter as concentrações de COD; alíquotas do filtrado foram lidas em espectrofotômetro (320nm), para se obter as absorbâncias do Gelbstoff. Com a finalidade de padronizar metodologicamente a espectrofotometria, como uma metodologia simples de inferência da concentração de COD, correlações entre as concentrações de COD e as absorbâncias do Gelbstoff foram feitas. As correlações para cada rio apresentaram-se com coeficientes de determinação muito variáveis, entre 0,02 (rio Tagaçaba) e 0,75 (rio Guaraqueçaba), indicando que em somente algumas situações, a espectrofotometria pode ser viável. As concentrações de COD variaram entre 0,60 mg/L e 16,83 mg/L. Sazonalmente, houve aumentos nos fluxos fluviais de COD, durante o período chuvoso, em todos os rios analisados, os quais variaram entre 41% e 82%. Espacialmente, as divisões das sub-bacias de drenagem em 03 compartimentos foram bem aplicadas, demonstrando também, durante o período chuvoso, aumentos acima de 58% para todos os compartimentos. Estes aumentos indicam que a sazonalidade foi extremamente modeladora dos fluxos fluviais de COD para o sistema. Os rios que drenam o Complexo Estuarino de Paranaguá aportam anualmente 7.800 toneladas de COD, contribuindo assim, com 0,003% do aporte fluvial global de COD para os oceanos.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Objetivos | 4 |
| 1.2. Objetivos específicos | 4 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 5 |
| 2.1. Área de Estudo | 5 |
| 2.1.1. O Estado do Paraná | 5 |
| 2.1.2. A Bacia Hidrográfica Litorânea | 5 |
| 2.1.3. Complexo Estuarino de Paranaguá | 6 |
| 2.1.4. A Bacia Hidrográfica da Baía das Laranjeiras | 8 |
| 2.1.4.1. Descrição das sub-bacias das Laranjeiras | 8 |
| 2.1.5. A Bacia Hidrográfica da Baía de Antonina | 9 |
| 2.1.5.1. Descrição das sub-bacias de Antonina | 9 |
| 2.1.6. A Bacia Hidrográfica da Baía de Paranaguá | 12 |
| 2.1.6.1. Descrição das sub-bacias de Paranaguá | 13 |
| 2.2. Vazão e Precipitação | 13 |
| 2.3. Procedimento amostral | 13 |
| 2.4. Processamento e Análise Laboratorial | 14 |
| 2.5. Cálculo da Estimativa da Contribuição Global | 15 |
| 3. RESULTADOS | 16 |
| 3.1. Representatividade da Bacia Hidrográfica do CEP | 16 |
| 3.2. Teste de Metodologias | 16 |
| 3.3. Sazonalidade | 19 |
| 3.3.1. Precipitação | 19 |
| 3.3.2. Descarga Fluvial | 19 |
| 3.4. Temperatura | 22 |
| 3.5. Concentração e Aportes de COD | 24 |
| 3.5.1. Rio Guaraguaçu | 25 |
| 3.5.2. Rio Sagrado | 25 |
| 3.5.3. Rio Nhundiaquara | 26 |
| 3.5.4. Rio Cacatu | 26 |
| 3.5.5. Rio Cachoeira | 27 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.5.6. | Rio Faisqueira | 28 |
| 3.5.7. | Rio Tagaçaba | 28 |
| 3.5.8. | Rio Serra Negra..... | 29 |
| 3.5.9. | Rio Guaraqueçaba | 30 |
| 3.6. | Distribuição Espacial | 30 |
| 3.7. | Distribuição Sazonal | 31 |
| 3.8. | Aporte Anual..... | 34 |
| 3.9. | Representatividade Local e Global | 34 |
| 4. | DISCUSSÃO | 35 |
| 5. | CONCLUSÃO | 38 |
| 6. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 40 |
| 7. | ANEXO DADOS BRUTOS | 44 |

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acentuado dos centros urbanos nas últimas duas décadas tem causado considerável queda na qualidade de vida das populações, aumentando demasiadamente a pressão sobre os recursos naturais em seu entorno. Neste cenário, um dos principais focos de atenção, têm sido a desordenada exploração e degradação dos cursos d'água, recursos naturais conhecidos como fundamentais, e que geralmente representam o principal fator limitante à sustentabilidade dos sistemas naturais e humanos que deles se utilizam.

Esses cursos d'água ao longo das bacias de drenagem carregam diversos constituintes particulados e dissolvidos na coluna d'água. A quantidade destes constituintes que são transportados em um rio depende de características e particularidades de sua bacia de drenagem, tais como a área e sua cobertura vegetal, topografia, constituintes mineralógicos e geológicos, uso e ocupação da terra - agricultura, urbanização, desmatamentos, rodovias - e o clima da região.

Um dos grandes constituintes carregados pelas bacias de drenagem é o carbono, cujo transporte e ciclos biogeoquímicos nas áreas costeiras podem ser modificados e transformados pelas atividades humanas, tais como as alterações hidrológicas para obras de saneamento, o escoamento de esgoto, o aumento da emissão de dióxido de carbono (WOLLAST, 1993). Tais modificações são de grande importância para o entendimento dos ciclos globais do carbono, e, do aquecimento global.

O carbono em ambiente marinho pode ser encontrado na forma inorgânica e orgânica. Na porção inorgânica, é encontrado na forma de espécies particulada, volátil e dissolvida, e na porção orgânica, ocorre nas formas particulada, volátil, dissolvida e coloidal.

O Carbono Orgânico Coloidal (COC) predomina na água dos rios (WHITEHOUSE *et al.*, 1989; BENNER & HEDGES, 1993), assim como as substâncias húmicas, também chamadas substâncias amarelas ou *Gelbstoff* (KALLE, 1938). Essa fração húmica possui estruturas altamente complexas, podendo constituir entre 40 e 60 % do Carbono Orgânico Dissolvido e ser responsável por até 85% da coloração de uma amostra de água (SPITZY & ITTEKKOT, 1986). De acordo com KARABASHEV *et al.*, (1993), esses compostos são transportados para o ambiente marinho principalmente através dos rios.

Nesta pesquisa, a forma de carbono estudada foi o do Carbono Orgânico Dissolvido (COD), que consiste na forma predominante de carbono orgânico das

bacias oceânicas, e segunda majoritária na concentração de carbono no ambiente marinho como um todo (HANSELL & CARLSON, 1998b).

O Carbono Orgânico Dissolvido está envolvido em diversos processos químicos marinhos, como na solubilização de hidrocarbonetos (BOEHM AND QUINN, 1973), como reagente nas reações fotoquímicas marinhas (KIEBER *et al.*, 1990), na formação do material particulado (KROM AND SHOLKOVITZ, 1977) e também na interação com minerais de ferro e manganês (GU *et al.*, 1994; THIMSEN & KEIL, 1998).

As concentrações de COD em água costeira estão estritamente correlacionadas com aportes terrestres, podendo perfazer até 95% do Carbono Orgânico Total marinho, como ocorre na porção norte do Mar do Sul da China (HUNG *et al.*, 2007) e 34% do Carbono Orgânico Total fluvial, como observado no rio Mississipi por WANG *et al.* (2004).

WILLIAMS & DRUFFEL (1987) relataram que os aportes estimados de COD terrestre são suficientes para suportar o *turnover* do carbono dos oceanos. A baixa contribuição do COD fluvial ao “pool” de matéria orgânica dissolvida marinha (10%) é explicada por pesquisas que afirmam que 63% a 73% do COD fluvial são decompostos no oceano em anos ou décadas (MEYERS-SCHULTE & HEDGES, 1986; HEDGES *et al.*, 1997; HANSELL *et al.*, 2004). Esta decomposição do COD, em estuários, pode acontecer devido aos processos de mistura (HEDGES *et al.*, 1997), mais especificamente, por processos de floculação e degradação microbiana. Em ambientes de alta salinidade, ocorre devido ao processo de foto-oxidação (BENNER & OPSAHL, 2001).

O COD é de grande importância na interação oceano-atmosfera, pois a partir da sua decomposição, age como exportador de CO₂ para a atmosfera (BAUM. *et al.*, 2007). Dessa forma, o COD pode ser determinante para o ciclo biogeoquímico marinho do carbono (AMON & BENNER, 1994), assim como para os ciclos globais de carbono orgânico (HEDGES, 1992).

A interação entre materiais orgânicos dissolvidos, materiais particulados e elementos-traço em ambientes marinhos é grandemente responsável pelos processos que determinam o destino desses elementos.

O Complexo Estuarino de Paranaguá recebe a drenagem de aproximadamente 70% da área da bacia hidrográfica litorânea do estado do Paraná (MANTOVANELLI, 2008). A determinação do aporte de matéria orgânica dissolvida e particulada proveniente de fontes fluviais (NAGASHIMA *et al.*, 1996; LANE *et al.*, 1997; OKAWA *et al.*, 1997) é fundamental para a avaliação da qualidade da água e de desequilíbrios

ambientais neste sistema, representando grande importância ecológica e econômica para a região.

O presente trabalho (FLUXOS FLUVIAIS DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO PARA O COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ) foi inserido no Projeto DESPORT ("Development of Improved Strategies for Sustainable Environmental in Brazilian Harbors") -(CNPq/590006/2005-3), realizado através do convênio Brasil-Alemanha para Ciências do Mar entre 2006 e 2010.

1.1. Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho consiste em investigar a contribuição fluvial do Carbono Orgânico Dissolvido nos principais afluentes do Complexo Estuarino de Paranaguá.

1.2. Objetivos específicos

- Avaliar a relação entre as concentrações de COD e a absorbância das substâncias amarelas, a fim de estabelecer uma padronização metodológica de análise mais acessível para a determinação das concentrações de COD;
- Verificar a sazonalidade no período investigado através de análise da precipitação acumulada mensal e descarga fluvial;
- Investigar as diferenças sazonais da contribuição fluvial de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) no Complexo Estuarino de Paranaguá;
- Avaliar a interação entre a sazonalidade e a espacialização dos aportes de COD para o CEP;
- Quantificar a contribuição dos aportes fluviais de COD no Complexo Estuarino de Paranaguá perante a estimativa global de fluxos fluviais de COD;
- Fornecer subsídios para a elaboração de balanços de massa de carbono e de qualidade de água, no Complexo Estuarino de Paranaguá.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

2.1.1. O Estado do Paraná

O estado do Paraná, situado na região sul do Brasil, possui 16 bacias hidrográficas instituídas pela Resolução Nº 024/2006/SEMA, nomeadas como bacias Litorânea (realçada na Figura 1), Iguaçu, Ribeira, Itararé, Cinzas, Tibagi, Ivaí, Paranapanema 1, Paranapanema 2, Paranapanema 3, Paranapanema 4, Pirapó, Paraná 1, Paraná 2, Paraná 3 e Piquiri (BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ, 2010).

2.1.2. Bacia Hidrográfica Litorânea

A Bacia Hidrográfica Litorânea, com área total de 5.776 km², possui dois ambientes principais de destino: a Baía de Guaratuba e o Complexo Estuarino de Paranaguá (SUDERHSA, 1998), e engloba os municípios de Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá, Piraquara, Pontal do Paraná, Quatro Barras, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul (BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ, 2010). Possui um elevado potencial erosivo, relacionado à alta instabilidade natural dessas regiões de serras e morros, decorrente da acentuada declividade (maior que 45°), associada ao grande desnível entre o planalto e o nível do mar (ANGULO, 1992, OKA-FIORI e CANALI, 1998).



FIGURA 1: ESTADO DO PARANÁ COM A REPRESENTAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA LITORÂNEA. FONTE: BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ, 2010. (FIGURA COM OBJETIVO APENAS ILUSTRATIVO).

2.1.3. Complexo Estuarino de Paranaguá

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP, Figura 2) localiza-se na porção centro-norte do litoral paranaense, compreendendo uma área superficial aproximada de 612 km^2 e volume da ordem de $2 \times 10^9 \text{ m}^3$. Possui dois eixos principais: a) Baía das Laranjeiras (eixo N-S), que apresenta baixa densidade populacional de 02 habitantes por quilômetro quadrado e, b) Baía de Paranaguá e Antonina (eixo E-W), onde são desenvolvidas atividades portuárias, pesca artesanal e de lazer e com densidade demográfica de cerca de 200 habitantes por quilômetro quadrado (MARONE *et al.*, 2005).

Segundo KOEPPEN o clima é classificado como Cfa, ou seja, Chuvoso tropical sempre úmido, o qual “C” corresponde ao clima pluvial tropical, “f” ao clima sempre úmido, com chuvas em todos os meses do ano, e “a” à temperatura média do ar do mês mais quente acima de 22°C (PAULA & CUNICO, 2007). Na planície costeira, a

temperatura média do ar é de 21,1°C. Ao longo da Serra do Mar, a temperatura média anual registrada é de 14°C, com mínimas de até 7°C (PAULA & CUNICO, 2007).

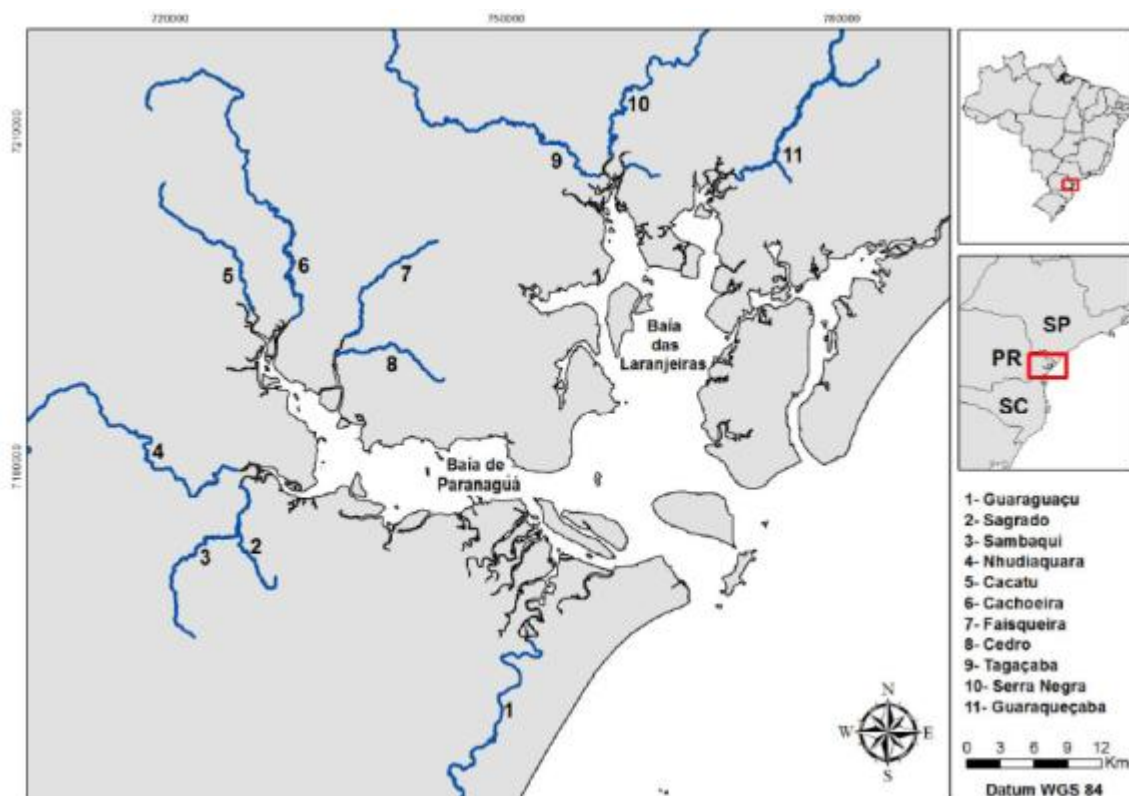


FIGURA 2: COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ, MOSTRANDO OS 11 RIOS INVESTIGADOS. FONTE: LABORATÓRIO DE FÍSICA MARINHA, CEM, UFPR.

A bacia de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá possui uma densidade de drenagem de aproximadamente de 1,7 rios por km² (NOERNBERG *et al.*, 2004), e representa mais de 65% da área da Bacia Hidrográfica Litorânea, ressaltando a importância dos estudos de fluxos fluviais na referente área. A área estudada compreendeu as sub-bacias de drenagem de 11 dos principais rios que compõe o sistema fluvial do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Para a bacia de drenagem da Baía das Laranjeiras (Figura 3) situada no CEP, as bacias hidrográficas abordadas foram dos rios Serra Negra, Tagaçaba, Cedro* e Guaraqueçaba. Para a bacia de drenagem da Baía de Antonina (Figura 4 e 5), as áreas de drenagem foram as dos rios Cacatu, Cachoeira, Faisqueira, Sagrado, Sambaqui e Nhundiaquara e para a bacia de drenagem da Baía de Paranaguá (Figura 6), a área de drenagem do rio Guaraguaçu.

*Existem dois rios no CEP com o nome de CEDRO, o rio amostrado foi o da Figura 2.

2.1.4. Bacia Hidrográfica da Baía das Laranjeiras

A bacia de drenagem da Baía das Laranjeiras (Figura 3) apresenta uma área de 1.617,5 km² sendo representada pelas sub-bacias de drenagem dos rios Serra Negra, Tagaçaba e Guaraqueçaba. Estas sub-bacias são consideradas preservadas por incluírem-se na Área de Preservação Ambiental de Guaraqueçaba (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

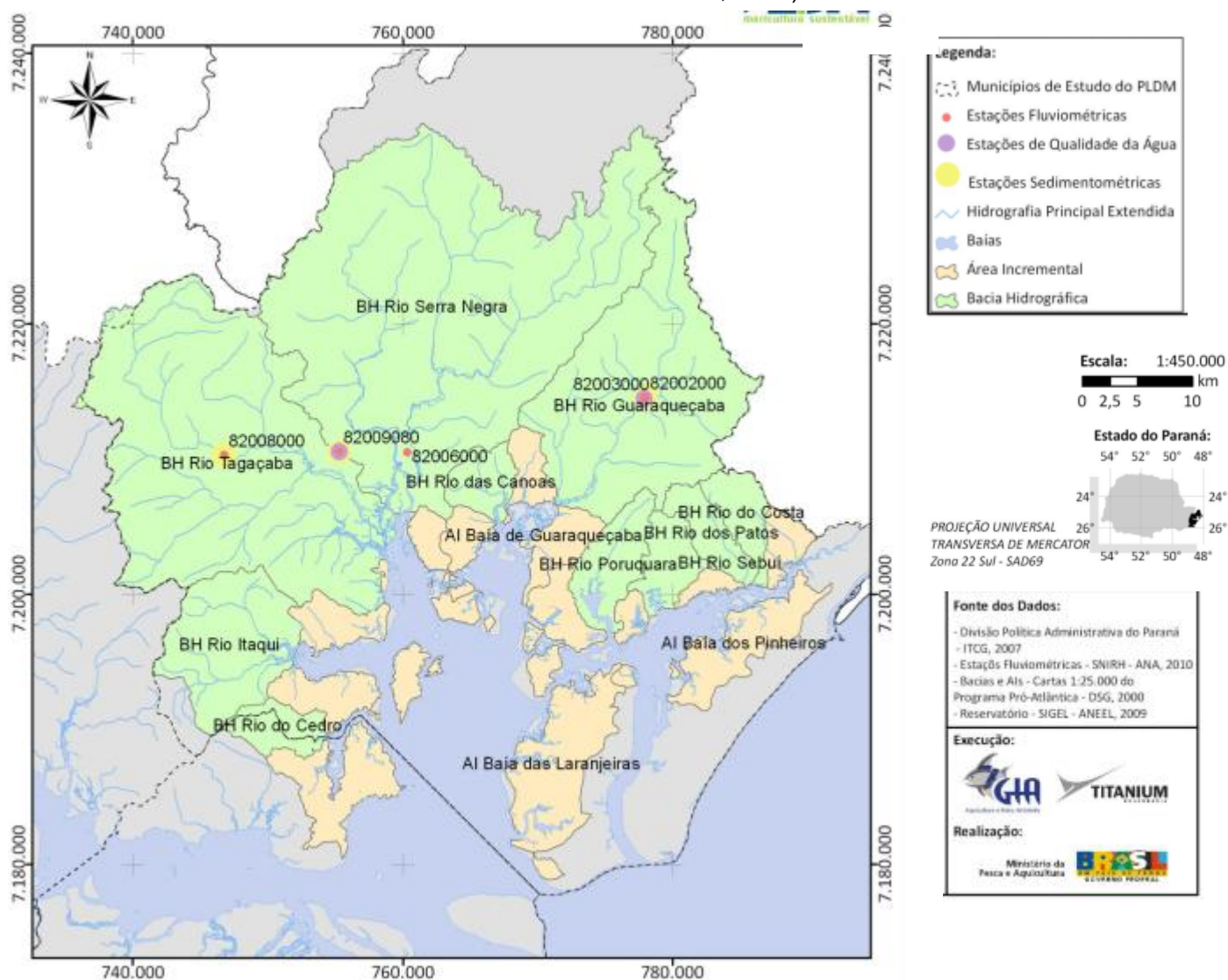


FIGURA 3: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DAS LARANJEIRAS. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ.

2.1.4.1. Descrição das sub-bacias das Laranjeiras

As bacias de drenagem dos rios Serra Negra e Tagaçaba são de encostas íngremes e acentuadas declividades e apresentam suas nascentes a 700 metros de altitude, enquanto a bacia do rio Guaraqueçaba é descrita como esguia, alta e estreita,

chegando a ter uma largura de apenas 2 km (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

O rio Serra Negra possui uma área de drenagem de 490,71 km², com uma direção preferencial de drenagem de NE-SO (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010), desaguando na Baía de Guaraqueçaba (CUNICO, 2006).

O rio Tagaçaba, com uma bacia de drenagem com a área de 359,15 km², apresenta uma direção final de drenagem para NO-SE (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

O rio Guaraqueçaba possui uma área hidrográfica de 214,53 km² e têm sua foz a nordeste da Baía de Guaraqueçaba (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

2.1.5. Bacia Hidrográfica da Baía de Antonina

Esta bacia (Figuras 4 e 5) é representada por uma área de 1.459,77 km² e possui este nome por estar inserida quase por completo na cidade homóloga, Antonina (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

2.1.5.1. Descrição das sub-bacias de Antonina

O rio Cachoeira é representado por uma área de bacia de drenagem de 429,18 km², tem suas nascentes a 1.100 metros de altitude e possui uma direção de drenagem de NO-SE (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

A drenagem do rio Nhundiaquara, com uma área de bacia de 662,17 km², abrange os municípios de Quatro Barras, Piraquara, Antonina e Morretes, apresentando uma direção dominante de NO-SE e suas nascentes apresentam-se a 1.100 metros de altitude, no primeiro planalto (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

O rio Sagrado situado na porção sul da bacia, apresenta suas nascentes a uma altitude de cerca de 1.000 metros, desaguando através do rio Neves no rio Nhundiaquara (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

As bacias de drenagem dos rios Faisqueira e Cacatu possuem áreas de drenagem de 122,19 km² e 107,46 km², e direção NE-SO e NNO-SSE,

respectivamente. Os demais dados sobre altitude das nascentes destes rios não foram encontradas na literatura.

Para o rio Sambaqui, que possui uma direção de drenagem de SSO-NNE, não foram encontrados na literatura dados referentes à descrição da sua bacia hidrográfica, mas sabe-se que este é um contribuinte da bacia do rio Sagrado (Figura 2).

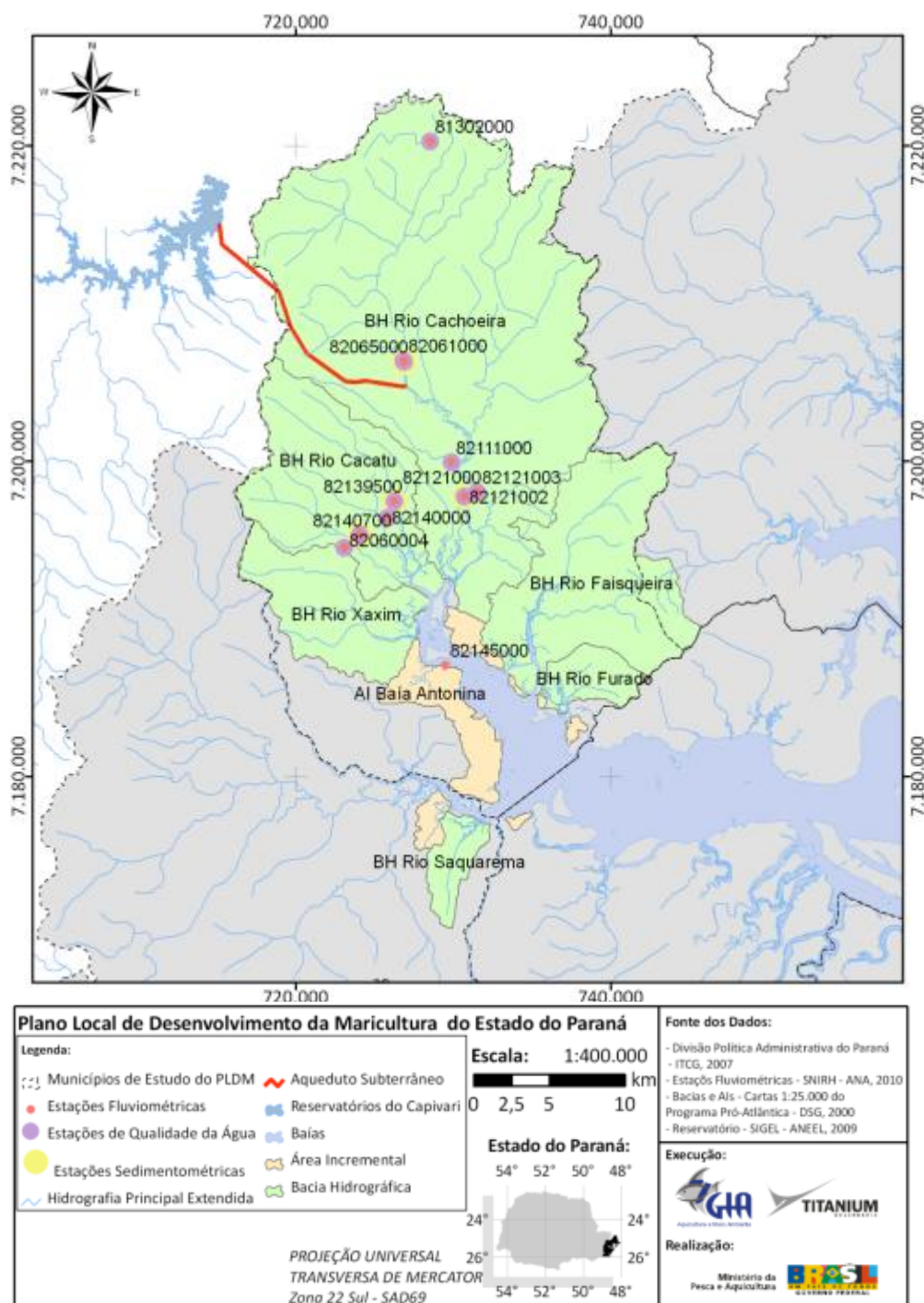


FIGURA 4: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE ANTONINA. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ

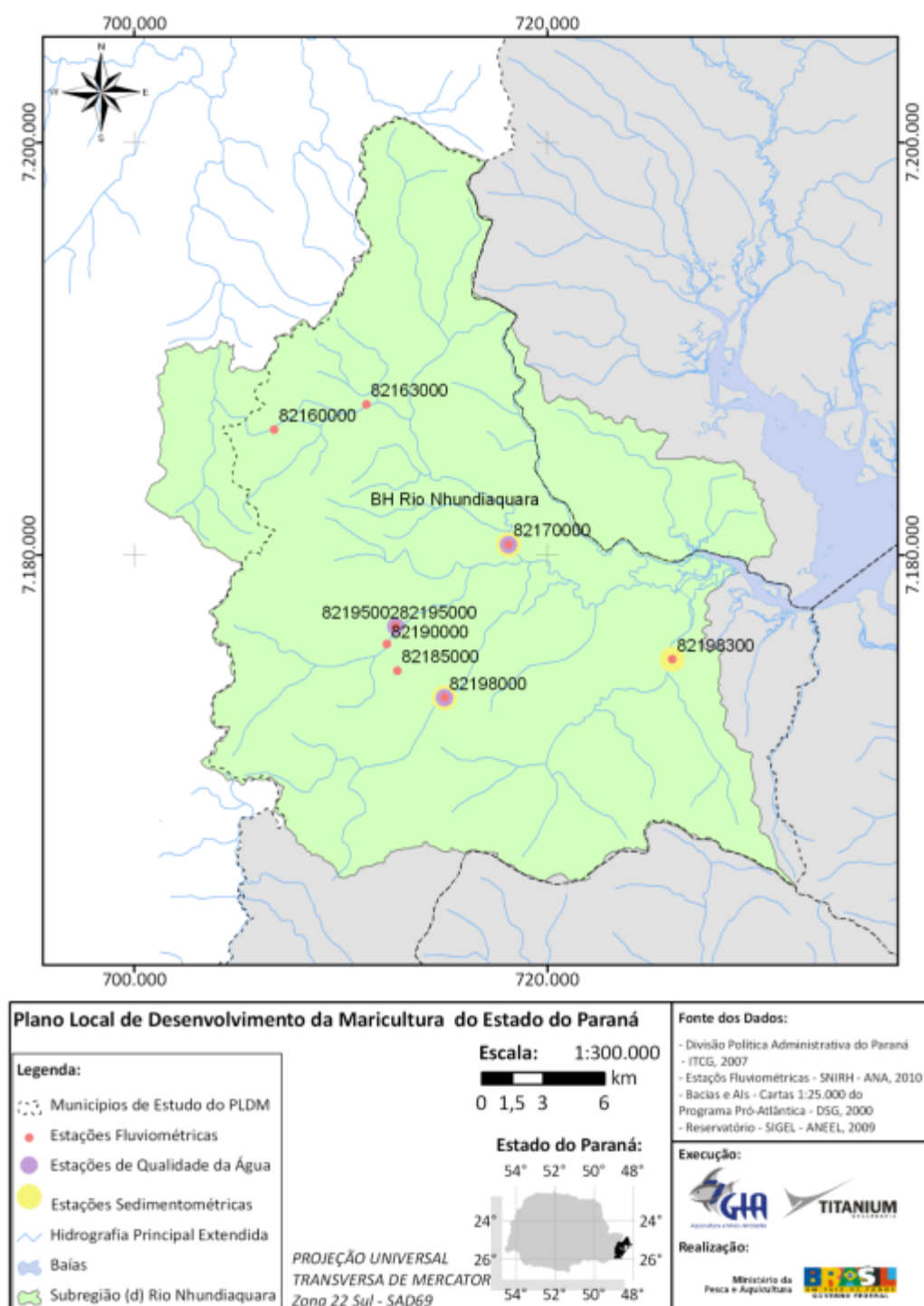


FIGURA 5: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE ANTONINA, SUB-REGIÃO BACIA DE DRENAGEM DO RIO NHUNDIAQUARA. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ.

2.1.6. Bacia Hidrográfica da Baía de Paranaguá

A Baía de Paranaguá (Figura 6) possui uma área de bacia hidrográfica de 711,8 km², onde está inserido o município de Paranaguá. Os rios desta bacia são caracterizados por possuírem insignificantes índices de erosão, resultando em um canal pouco definido, acompanhados por orlas pantanosas e manguezais (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010).

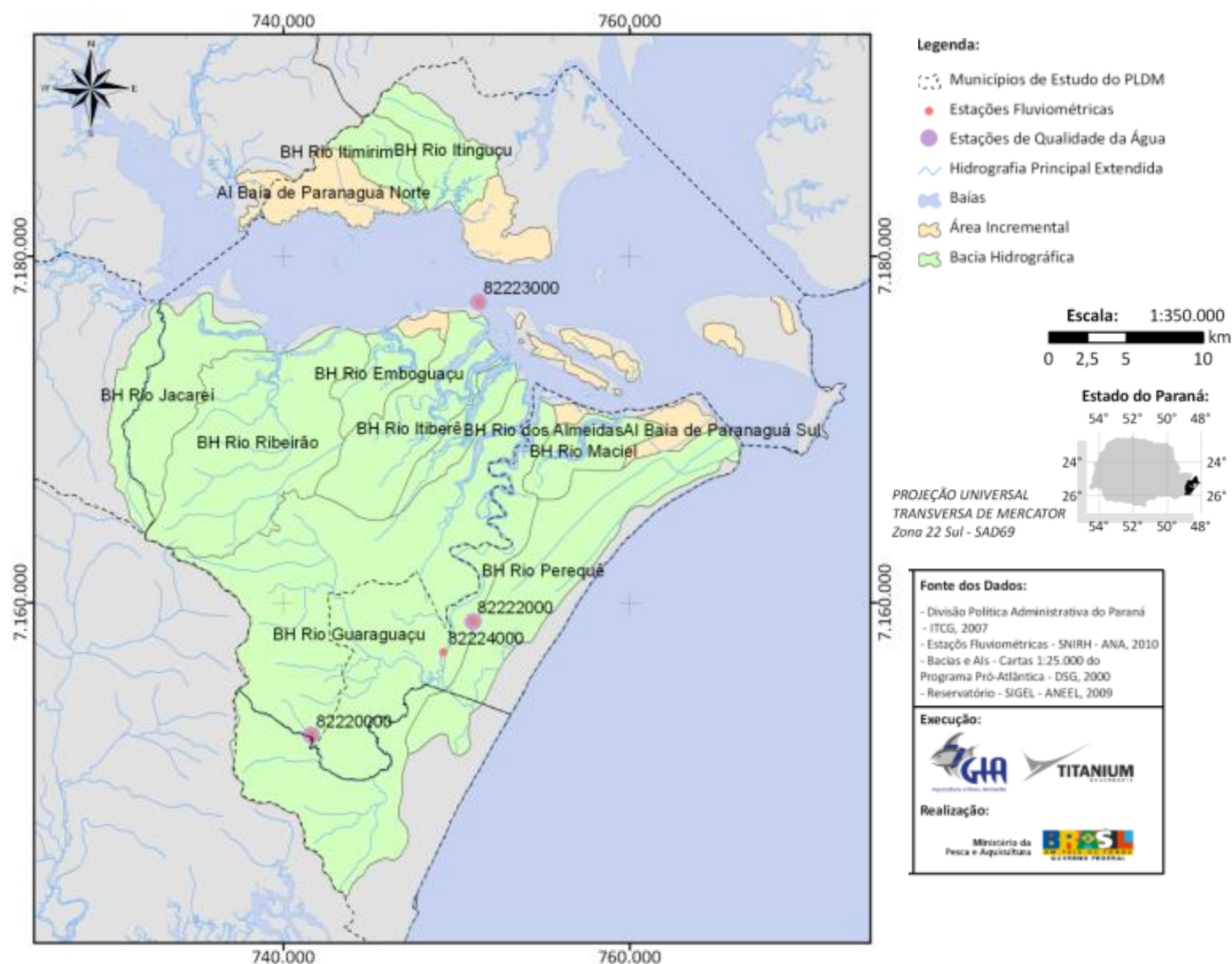


FIGURA 6: BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE PARANAGUÁ. FONTE: PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ.

2.1.6.1. Descrição das sub-bacias de Paranaguá

A bacia de drenagem do rio Guaraguaçu exibe uma área de bacia de 272,90 km² (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA, 2010), com uma direção de fluxo paralela à costa, no sentido de S-N, e suas águas nascem na Serra da Prata, no Parque Nacional Saint-Hilaire/Hugo Lange, a uma altitude de 766 metros. Localiza-se na planície costeira e é considerada a principal sub-bacia da planície costeira paranaense. Possui característica meandrante, salvo trechos antropicamente retificados (SILVA, 2008).

2.2. Vazão e Precipitação

Medições diárias de vazão dos rios foram cedidas pela Diretoria de Hidrografia (DHI) do Instituto de Águas do Paraná para as Estações de Vazões Fluviométricas localizadas nos rios Sagrado, Nhundiaquara, Cacatu, Cachoeira, Tagaçaba e Guaraqueçaba. Não há estações de medição de vazão nos rios Guaraguaçu, Faisqueira e Serra Negra, portanto estimativas de descarga de água para essas localidades foram efetuadas com base em um relatório técnico (RHA, 2008). Esse documento utilizou a análise de séries temporais de estações de medições adjacentes para determinar taxas de escoamento superficial de água por área de drenagem (m³/s/km²) a ser estimada. Dessa forma, utilizou-se a vazão medida da área próxima como comparativo com a área de drenagem, e assim, pode-se derivar uma estimativa da descarga fluviométrica da área de interesse.

Foram utilizadas 03 estações de medição de altura pluviométrica, cada qual representando um extremo para a localidade do estuário. A estação Colônia Cachoeira representou a precipitação observada no eixo Leste-Oeste, enquanto a estação Guaraqueçaba representou o eixo Norte-Sul e a estação Ipanema toda a planície costeira.

2.3. Procedimento amostral

As estações de coleta foram dispostas nos principais rios que compõem as sub-bacias de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá (Figura 2).

A contribuição do aporte fluvial de COD foi avaliada por meio de amostragens mensais entre junho de 2008 e janeiro de 2009. A localização das estações de coleta dependeu de questões logísticas, sendo dispostas de acordo com a proximidade às

estradas e as condições de acesso. Em todos os pontos de coleta, os valores de salinidade foram próximos à zero, garantindo que não houvesse intrusão salina.

Durante o procedimento de coleta de água, foram medidas a Salinidade e a Temperatura com o auxílio de uma sonda multi-parâmetro da marca YSI.

As amostras de água foram coletadas com o auxílio de um balde (Figura 7), dedicado exclusivamente a amostragens de água, previamente lavado com a água do rio amostrado. Posteriormente, as alíquotas foram armazenadas em garrafas de polietileno previamente lavadas com HCl (10%), as quais foram mantidas na ausência da luz e em isopor com gelo até a chegada ao laboratório.

2.4. Processamento e Análise Laboratorial

As amostras foram filtradas em filtros de polycarbonato com porosidade de 0,2 μm (SCHLEICHER & SHUELL), pré-lavados com ácido clorídrico (HCl - 10%). Alíquotas de 20 mL do filtrado foram lidas em espectrofotômetro UV (Shimadzu) ao comprimento de onda de 320 nm (nanômetros), com o objetivo de se obter a absorbância da matéria orgânica dissolvida colorida ("Gelbstoff"). As amostras para a determinação de Carbono Orgânico Dissolvido foram fixadas com HCl (30%), na proporção de 100 μL de HCl para 100 mL de amostra. A análise de COD foi feita através do método de Combustão em Alta Temperatura (High Temperature Combustion HTC) em um analisador Shimadzu TOC-5000, provido de um catalisador de alumina platinado (GUO *et al.*, 1994) no Instituto de Pesquisa Costeira (Institute for Coastal Research) do Centro Helmholtz Geesthacht (HZG – Helmholtz Center Geesthacht) na Alemanha.

O procedimento de coleta e análise é também ilustrado no Fluxograma (Figura 8).



FIGURA 7: A) COLETA DE ÁGUA; B) ARMAZENAMENTO EM FRASCO DE PVC; C) MULTISONDA YSI.

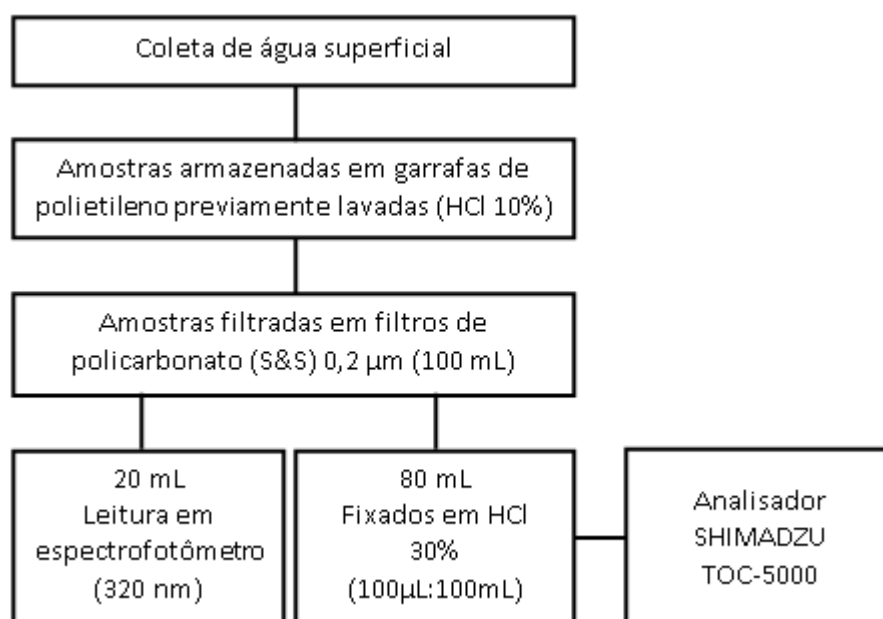


FIGURA 8: FLUXOGRAMA ANALÍTICO APRESENTANDO PASSOS DE COLETA, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.

2.5. Cálculo da Estimativa da Contribuição Global

A partir das estimativas globais da descarga fluvial, de 35.000 km³, e do Carbono Orgânico Dissolvido transportado por intermédio dos rios, na faixa de 250x106 toneladas/ano, publicada por CAUWET (2002), foram feitos cálculos aproximados (extrapolação) para determinar as porcentagens de contribuição das descargas fluviais e do fluxo de COD oriundo das bacias hidrográficas do Complexo Estuarino de Paranaguá, com referência às estimativas globais.

3. RESULTADOS

Os resultados foram agrupados em subitens, facilitando a descrição das variações sazonais e espaciais do COD em relação aos parâmetros meteorológicos, da representatividade da área da bacia hidrográfica e do aporte de COD no CEP em relação às estimativas globais.

3.1. Representatividade da Bacia Hidrográfica do CEP

Foi recalculada, em porcentagem, a representatividade da área hidrográfica do Complexo Estuarino de Paranaguá em relação à bacia hidrográfica litorânea do estado do Paraná. Anteriormente, MANTOVANELLI (2008) estimou que a bacia hidrográfica do CEP correspondesse a 70%. Com base na atualização das áreas das sub-bacias de drenagem do CEP, realizada pelo Ministério da Pesca e Aquicultura do Estado do Paraná (PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA: PARANÁ 2010), estimou-se que o sistema de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá representa 65% da área de descarga fluvial da Bacia Hidrográfica Litorânea, aproximadamente 290 km² a menos do que a estimativa apresentada por MANTOVANELLI (2008).

3.2. Teste de Metodologias

Para verificar a viabilidade de se inferir a concentração de Carbono Orgânico Dissolvido através da metodologia de espectrofotometria simples, foram plotados todos os dados, coletados no período amostral, de concentração de COD e de absorbância, em 320 nm, do Gelbstoff, em um gráfico de dispersão (Figura 9a), traçada a linha de tendência e sua respectiva fórmula de correlação. O valor do coeficiente de determinação (r^2), que demonstra o grau de resposta ou dependência, em porcentagem, do componente y (absorbância do Gelbstoff) frente ao componente x (concentração de COD), foi de $r^2=0,91$, ou seja, 91 % de resposta.

A análise temporal mensal, onde os dados foram subdivididos mensalmente agrupando todos os rios investigados, resultou em valores de coeficiente de determinação muito altos, chegando a $r^2=0,99$ (exemplo mês de Janeiro/09, Figura 9b) em 05 meses dos 08 amostrados, e os outros meses apresentaram valores de resposta acima dos 93%.

Porém, quando se enfoca a análise dos dados para cada rio individualmente, os valores do coeficiente de determinação são muito variáveis, oscilando de um valor muito baixo $r^2=0,02$ (Figura 9e) para o rio Tagaçaba até o valor de $r^2=0,75$ (Figura 9f) para o rio Guaraqueçaba. O rio Guaraguaçu (Figura 9g) apresentou o segundo maior valor do coeficiente de determinação, valor de $r^2=0,72$.

Além disso, a visualização dos gráficos de dispersão possibilita inferir que os dados de concentração de COD e de absorbância em 320nm referentes ao rio Guaraguaçu, muito superiores aos demais, constituem *outliers*, alterando a correlação dos dados e, desta forma, aumentando artificialmente a correlação. A partir disto, novos gráficos de correlação dos dados foram gerados; para todo o período amostral, excluindo os dados do *outlier* (rio Guaraguaçu); bem como para o mês que havia apresentado o maior coeficiente de determinação, Janeiro/09, antes da exclusão do Guaraguaçu.

Os gráficos de correlação, para todo o período amostral e o gráfico de correlação do mês de Janeiro/09, excluindo os dados do rio Guaraguaçu (Figura 9c e 9d, respectivamente), apresentaram uma diminuição dos coeficientes de determinação para $r^2=0,45$ e $r^2=0,87$, respectivamente.

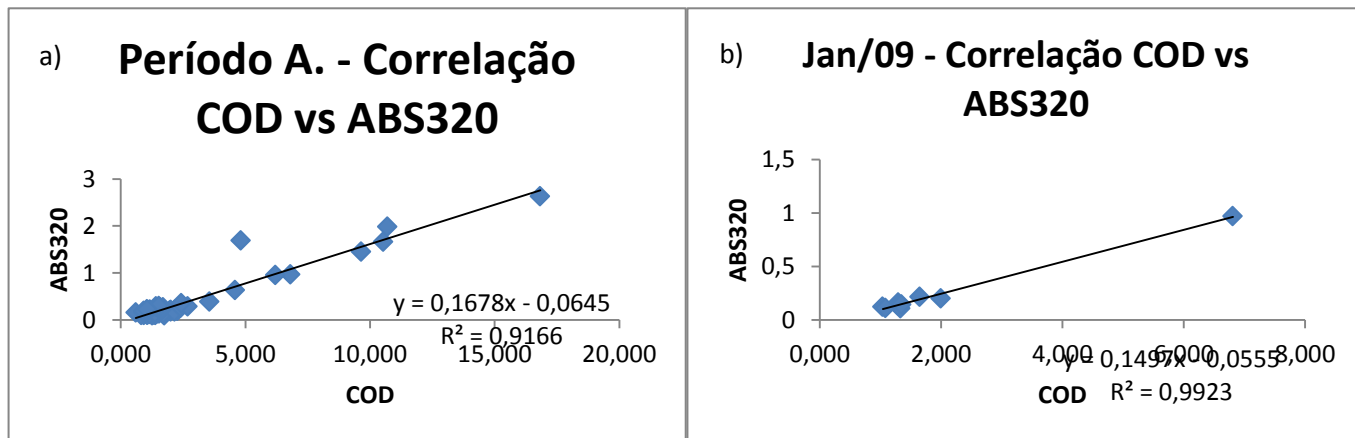
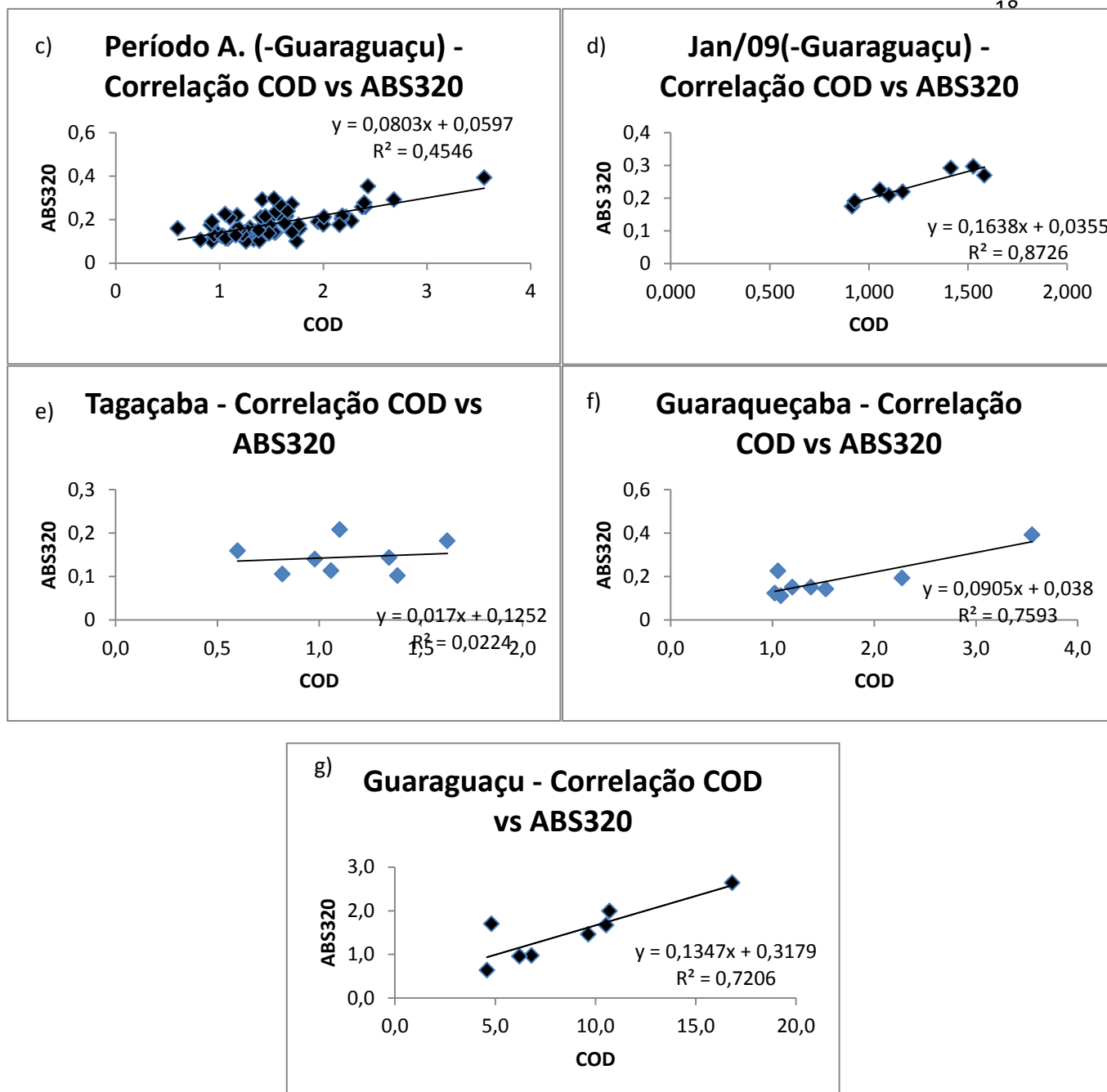


FIGURA 9: CORRELAÇÕES: A) PERÍODO AMOSTRAL; B) MÊS DE JANEIRO/09.



CONTINUAÇÃO FIGURA 10: CORRELAÇÕES: C) PERÍODO AMOSTRAL, SEM OS DADOS DO RIO GUARAGUAÇU; D) MÊS DE JANEIRO/09, SEM OS DADOS DO RIO GUARAGUAÇU; E) RIO TAGAÇA, MENOR COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ENCONTRADO; F) RIO GUARAQUEÇABA, MAIOR COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ENCONTRADO; G) RIO GUARAGUAÇU.

3.3. Sazonalidade

3.3.1. Precipitação

A análise dos dados cedidos pela Diretoria de Hidrografia (DHI) do Instituto de Águas do Paraná mostrou uma variação anual na precipitação pluviométrica (Figura 10). A variação existente durante o período amostral indicou que os meses de Junho/08, Julho/08, Agosto/08 e Setembro/08, são representativos para o período de “Seca”, pois apresentaram os menores valores de precipitação acumulada mensal; e os meses mais quentes, de Outubro/08, Novembro/08, Dezembro/08 e Janeiro/09, foram representativos para o período com valores mais elevados de precipitação acumulada mensal, período “Chuvoso”.

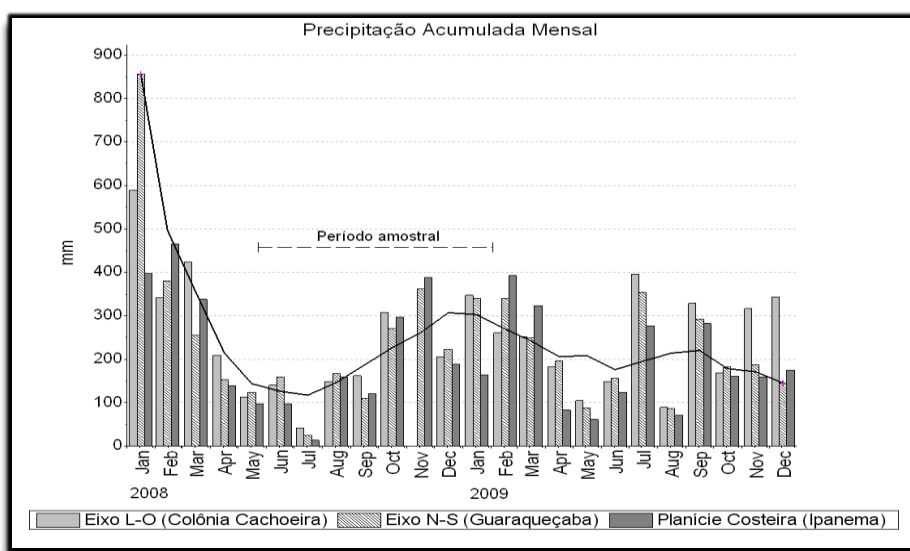


FIGURA 11: PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA POR MÊS DAS ESTAÇÕES REPRESENTANDO O EIXO LESTE-OESTE, O EIXO NORTE-SUL E A PLANÍCIE COSTEIRA.

3.3.2. Descarga Fluvial

O somatório das descargas fluviais médias dos rios amostrados do CEP, para cada mês, apresentado na Figura 11, demonstra uma diminuição na vazão nos meses de inverno, com mínima de 45,60 m³/s em Julho/08. Os valores mais elevados foram registrados nos meses correspondentes ao verão com máxima de 168,43 m³/s em Novembro/08.

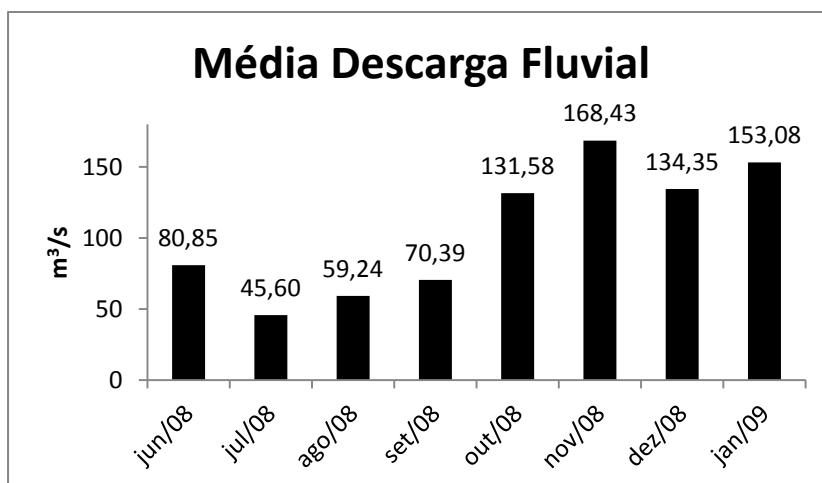


FIGURA 12: MÉDIAS DIÁRIAS DE DESCARGA FLUVIAL (m^3/s) PARA O PERÍODO AMOSTRADO.

Como pode ser observada na figura 12, a descarga fluvial média diária segue a mesma tendência da precipitação acumulada mensal, com maiores vazões nos meses de verão e menores nos meses de inverno.

Em termos de vazão fluvial anual para o CEP, o rio Cachoeira representa a maior contribuição para o aporte de água doce do sistema, correspondendo a 36% dos 3.347.500.000 m^3 aproximados. Os rios com menor representatividade foram os rios Sagrado e Cacatu, com 4 % apenas.

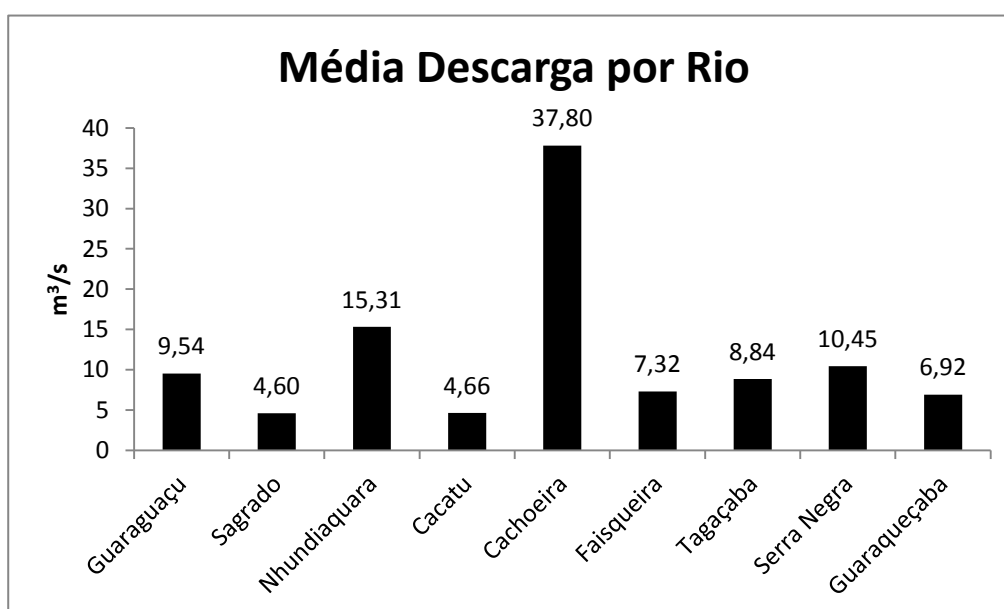


FIGURA 13: MÉDIAS DE DESCARGA FLUVIAL DE TODOS OS RIOS PARA O PERÍODO AMOSTRAL.

O maior valor médio de vazão, de 52,49 m³/s, foi registrado no rio Cachoeira durante o mês de Janeiro de 2009. Por outro lado, a menor vazão (1,15 m³/s) foi observada no rio Sagrado, durante o mês de Julho de 2008 (Figura 13).

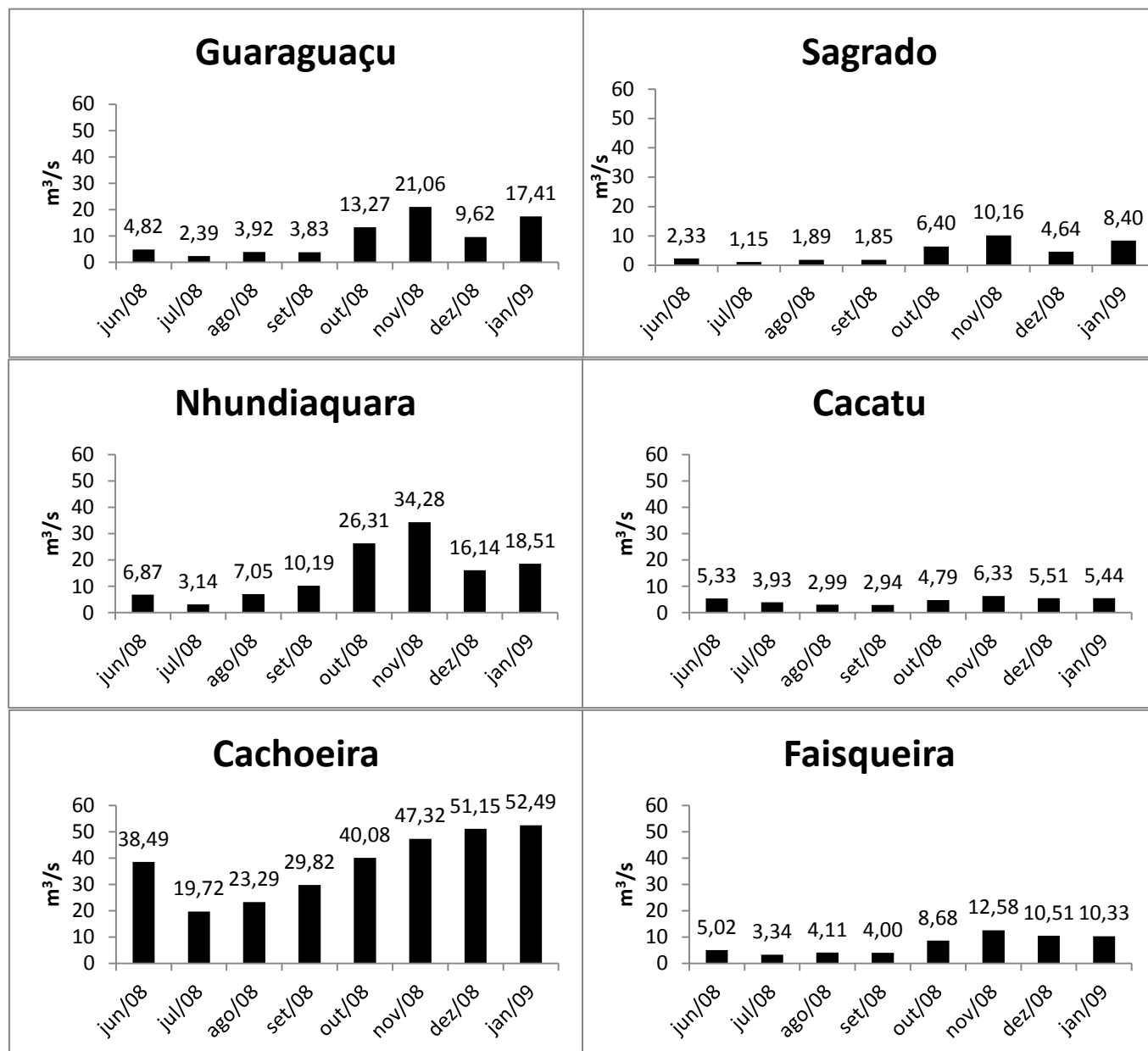
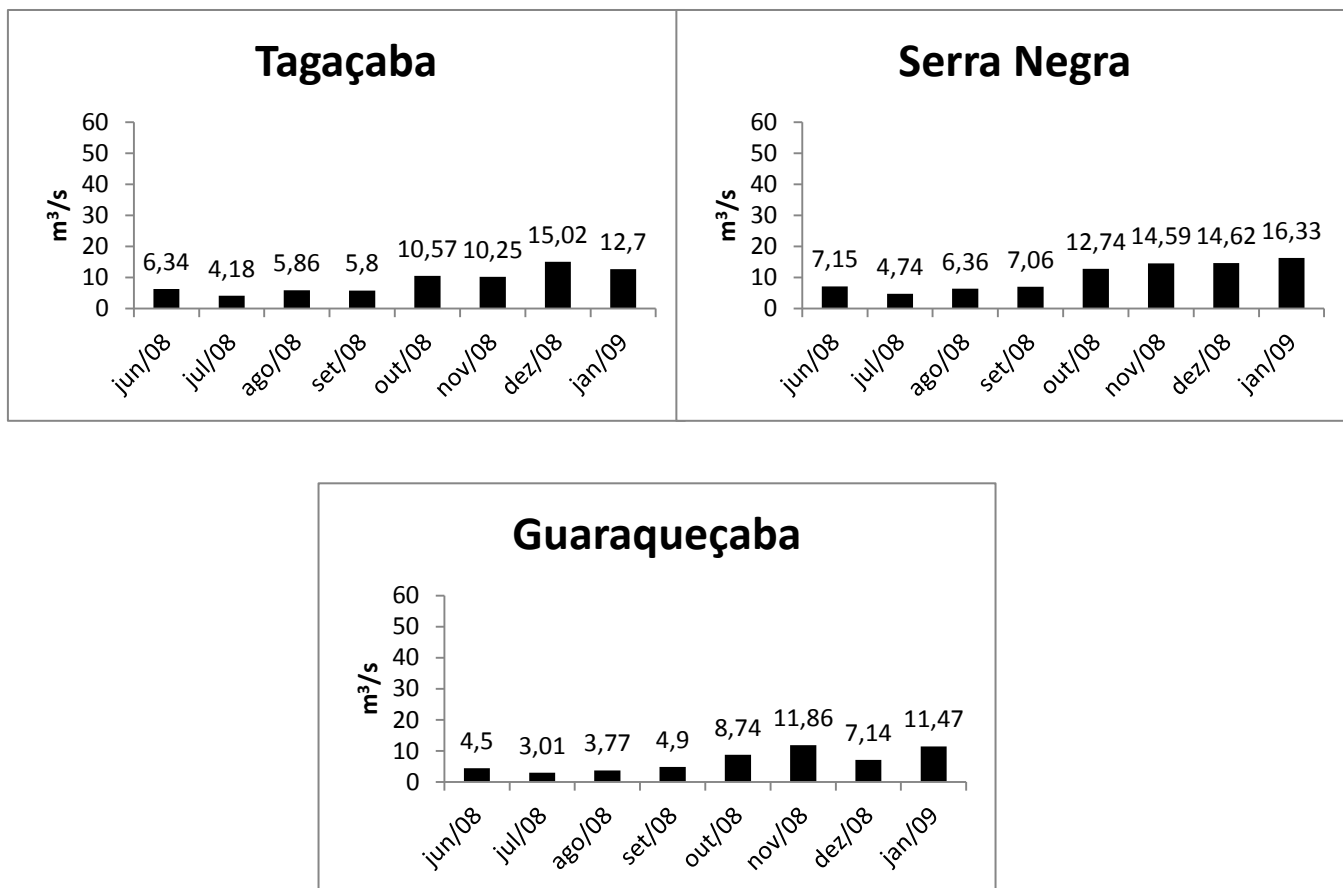


FIGURA 14: MÉDIAS DIÁRIAS DE DESCARGA FLUVIAL (m³/s) PARA OS RIOS AMOSTRADOS.



CONTINUAÇÃO FIGURA 15: MÉDIAS DIÁRIAS DE DESCARGA FLUVIAL (m^3/s) PARA OS RIOS AMOSTRADOS.

Após a investigação sobre as diferenças na precipitação e na descarga fluvial, entre os meses de inverno e verão, foi definido que os meses de Junho/08, Julho/08, Agosto/08 e Setembro/08 foram representativos do período Seco, com menores precipitações e menores descargas fluviais; e os meses de Outubro/08, Novembro/08, Dezembro/08 e Janeiro/09 representaram o período Chuvoso, com maiores precipitações e maiores descargas fluviais.

3.4. Temperatura

Foi observada uma diminuição da temperatura superficial da água dos rios durante o período de inverno, como mostra a Figura 14 enquanto o oposto foi registrado nos meses de verão, como esperado. O rio Guaraguaçu apresentou o valor mais alto de temperatura e o maior valor médio de temperatura ao longo do período amostral, $25,99^\circ\text{C}$ no mês de janeiro/2009 e $21,37^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 15). Por outro lado, o rio Faisqueira apresentou o valor mais baixo de temperatura e a menor

média de temperatura ficou com o rio Cachoeira, 17,29°C no mês de setembro/2008; 19,52°C; respectivamente.

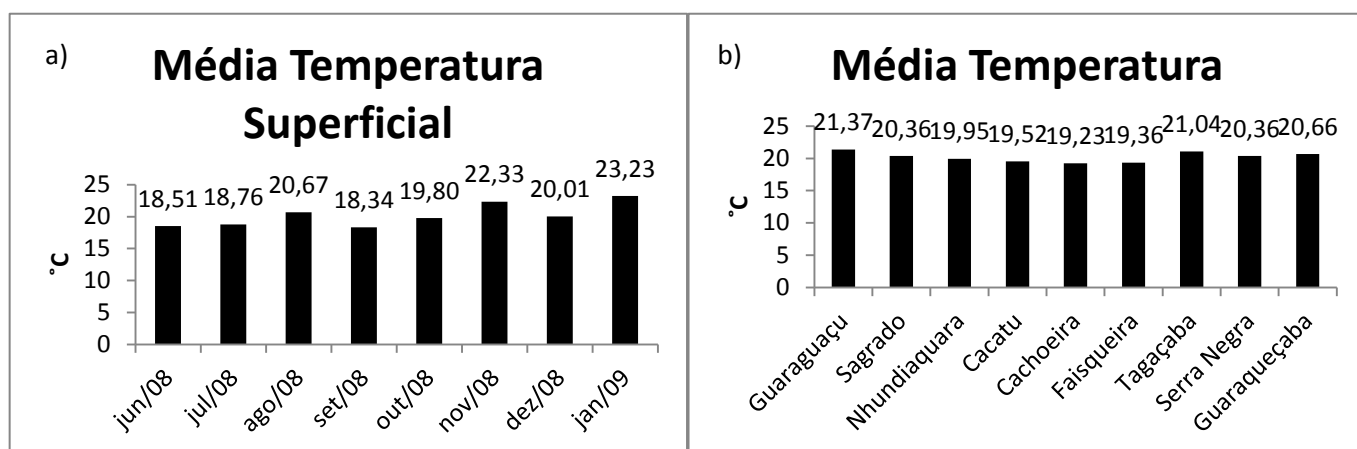


FIGURA 16: A) MÉDIA DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS MENSAIS, EM °C, DA ÁGUA SUPERFICIAL DOS RIOS AMOSTRADOS; B) MÉDIA DAS TEMPERATURAS, EM °C, DA ÁGUA SUPERFICIAL PARA CADA RIO AMOSTRADO.

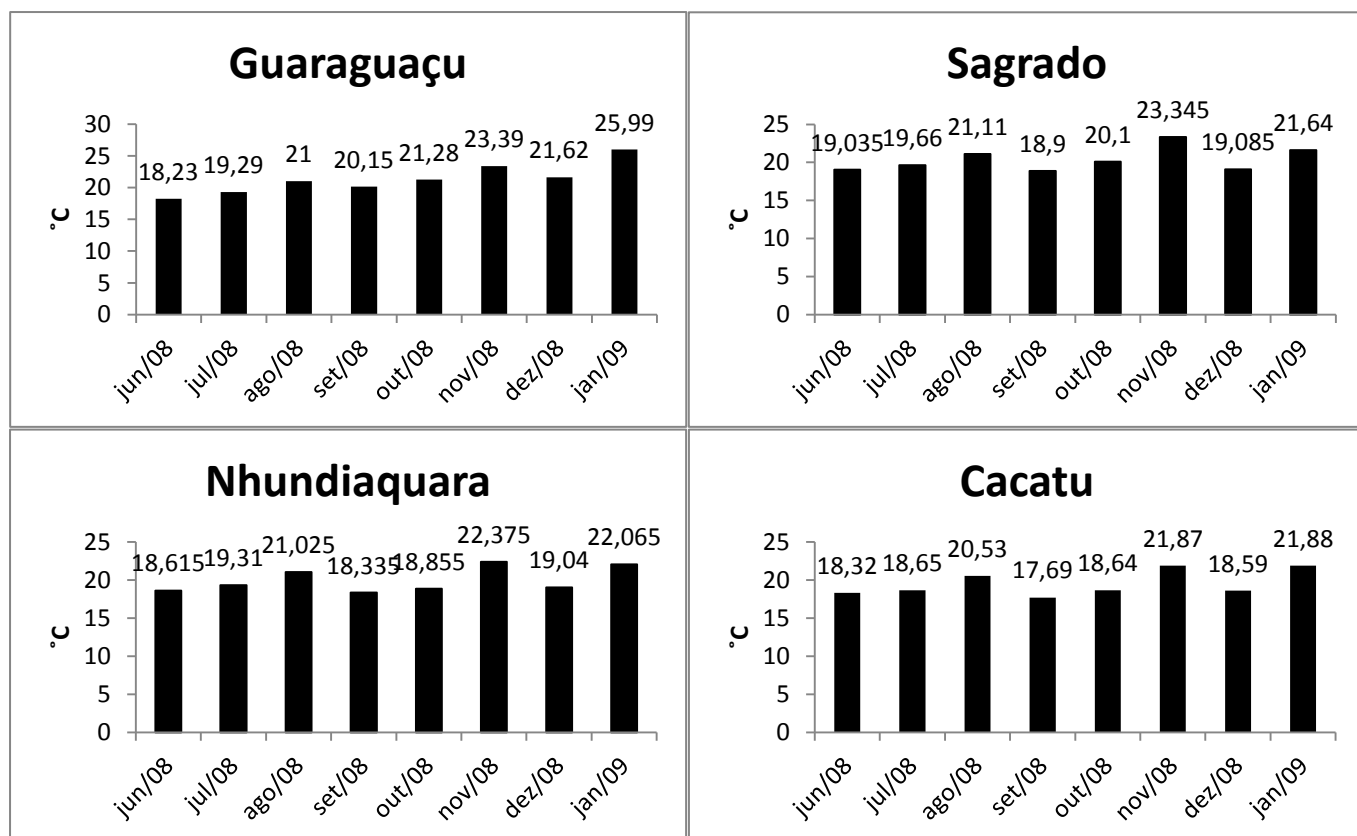
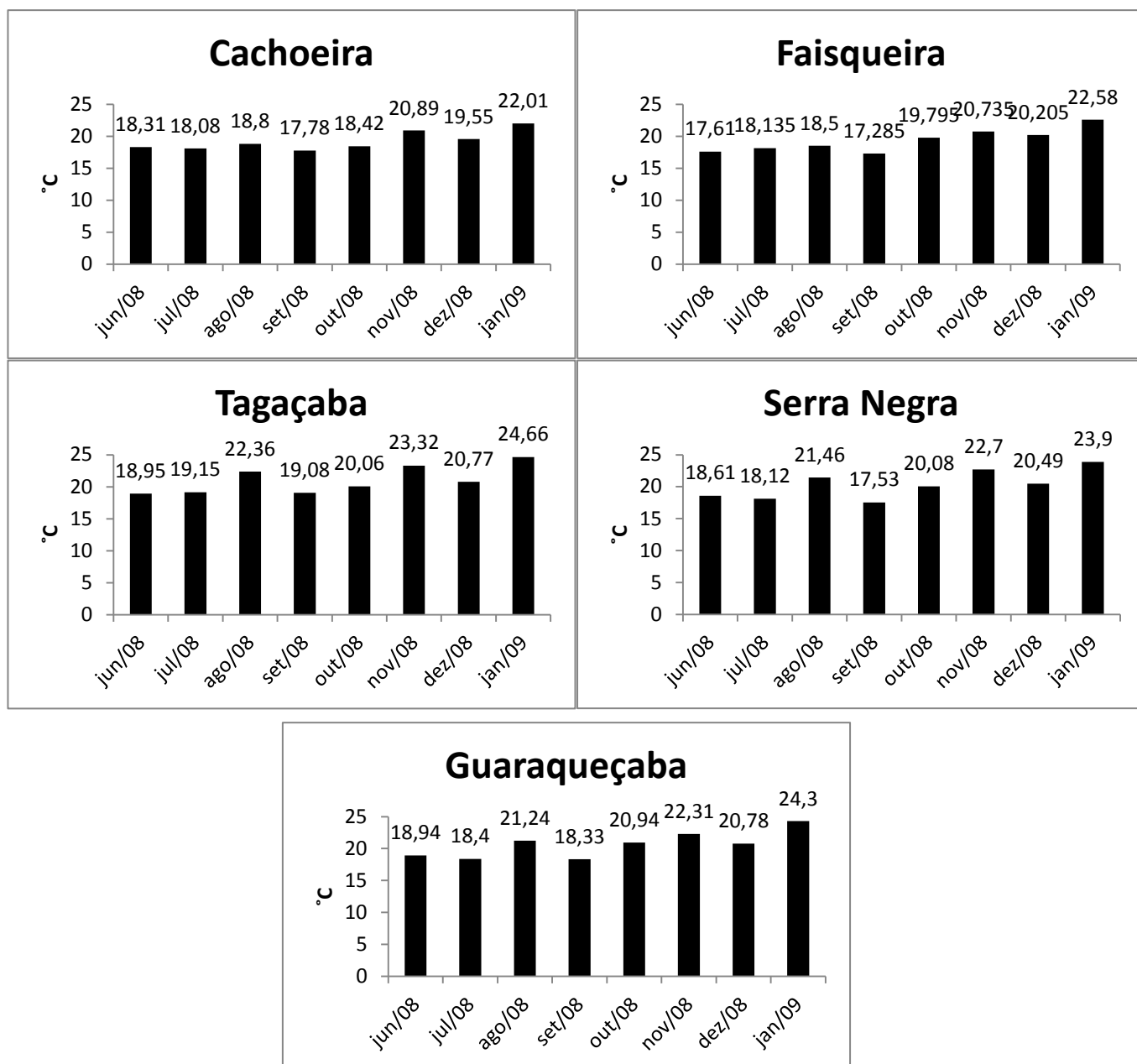


FIGURA 17: MÉDIA DAS TEMPERATURAS, EM °C, DA ÁGUA SUPERFICIAL DOS RIOS AMOSTRADOS.



CONTINUAÇÃO FIGURA 18: MÉDIA DAS TEMPERATURAS, EM °C, DA ÁGUA SUPERFICIAL DOS RIOS AMOSTRADOS.

3.5. Concentração e Aportes de COD

No geral, a maior concentração de COD, de 16,83 mg/L, foi verificada em dezembro de 2008, os maiores fluxos diário e mensal, de 16.095 kg/dia e 498.951 kg/mês, respectivamente, foram mensurados durante o mês de janeiro de 2009,

quando foi observada a segunda maior vazão média do período amostral, de 17,41 m³/s.

3.5.1. Rio Guaraguaçu

O rio Guaraguaçu apresentou a maior concentração de COD durante o mês de Dezembro/08 (Tabela 1), porém seu maior fluxo de COD foi durante o mês de Janeiro/09. Este rio apresentou um valor médio de concentração de COD de 8,77 mg/L, descarga fluvial de 9,54 m³/s e um fluxo total de COD de 1.847.098 kg/período (amostral).

TABELA 1: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO GUARAGUAÇÚ.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m³/s)</i> | <i>Fluxo Diário (kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (kg/mês)</i> |
|---------------|-------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| Jun/08 | 6,81 | 4,82 | 2.836 | 85.087 |
| Jul/08 | 4,59 | 2,39 | 947 | 29.362 |
| Ago/08 | 9,64 | 3,92 | 3.264 | 101.193 |
| Set/08 | 6,21 | 3,83 | 2.054 | 61.628 |
| Out/08 | 10,53 | 13,27 | 12.069 | 374.129 |
| Nov/08 | 4,82 | 21,06 | 8.775 | 263.248 |
| Dez/08 | 16,83 | 9,62 | 13.984 | 433.500 |
| Jan/09 | 10,70 | 17,41 | 16.095 | 498.951 |

3.5.2. Rio Sagrado

O rio Sagrado apresentou durante o mês de Dezembro/08 a maior concentração de COD (Tabela 2), e durante o mês de Novembro/08 seu maior fluxo de COD. Seu valor médio de concentração de COD foi de 1,65 mg/L, de descarga fluvial de 4,60 m³/s e fluxo total de COD de 165.800 kg/período (amostral).

TABELA 2: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO SAGRADO.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m³/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|---------------|-------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| Jun/08 | 1,29 | 2,33 | 260 | 7.802 |
| Jul/08 | 1,61 | 1,15 | 161 | 4.981 |
| Ago/08 | 1,48 | 1,89 | 241 | 7.477 |
| Set/08 | 1,40 | 1,85 | 224 | 6.705 |
| Out/08 | 2,00 | 6,40 | 1.107 | 34.329 |
| Nov/08 | 1,48 | 10,16 | 1.303 | 39.092 |
| Dez/08 | 2,40 | 4,64 | 961 | 29.798 |
| Jan/09 | 1,58 | 8,40 | 1.149 | 35.615 |

3.5.3. Rio Nhundiaquara

O rio Nhundiaquara apresentou a maior concentração de COD (Tabela 3) no mês de Dezembro/08, seu maior fluxo de COD foi durante o mês de Outubro/08. Este rio apresentou um valor médio de concentração de COD de 1,76 mg/L, descarga fluvial de 15,31 m³/s e um fluxo total de COD de 557.707 kg/período (amostral).

TABELA 3: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO NHUNDIAQUARA.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m³/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|---------------|-------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| Jun/08 | 1,65 | 6,87 | 977 | 29.310 |
| Jul/08 | 2,22 | 3,14 | 602 | 18.671 |
| Ago/08 | 1,43 | 7,05 | 870 | 26.965 |
| Set/08 | 1,37 | 10,19 | 1.207 | 36.212 |
| Out/08 | 2,38 | 26,31 | 5.406 | 167.575 |
| Nov/08 | 1,18 | 34,28 | 3.498 | 104.936 |
| Dez/08 | 2,68 | 16,14 | 3.741 | 115.984 |
| Jan/09 | 1,17 | 18,51 | 1.873 | 58.055 |

3.5.4. Rio Cacatu

Na Tabela 4, verifica-se que os maiores valores de concentração de COD e de fluxo fluvial de COD ocorreram durante o mês de Outubro/08. O valor médio de

concentração de COD encontrado foi de 1,42 mg/L, descarga fluvial de 4,66 m³/s e um fluxo total COD de 140.934 kg/período (amostral).

TABELA 4: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO CACATU.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m³/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|--------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|---|
| Jun/08 | 1,33 | 5,33 | 612 | 18.374 |
| Jul/08 | 1,27 | 3,93 | 433 | 13.410 |
| Ago/08 | 0,93 | 2,99 | 239 | 7.424 |
| Set/08 | 1,74 | 2,94 | 443 | 13.282 |
| Out/08 | 2,01 | 4,79 | 832 | 25.787 |
| Nov/08 | 1,48 | 6,33 | 808 | 24.250 |
| Dez/08 | 1,70 | 5,51 | 808 | 25.059 |
| Jan/09 | 0,92 | 5,44 | 431 | 13.347 |

3.5.5. Rio Cachoeira

Para o rio Cachoeira, o mês de Dezembro/08 foi o mês que apresentou os maiores valores de concentração e fluxo de COD (Tabela 5). Este rio apresentou um valor médio de concentração de COD de 1,84 mg/L, apresentou o maior valor médio de descarga fluvial, 37,80 m³/s, e um fluxo total de COD de 1.491.341 kg/período amostral.

TABELA 5: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO CACHOEIRA.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m³/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|--------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|---|
| Jun/08 | 1,29 | 38,49 | 4.287 | 128.598 |
| Jul/08 | 1,95 | 19,72 | 3.324 | 103.048 |
| Ago/08 | 1,76 | 23,29 | 3.550 | 110.038 |
| Set/08 | 1,54 | 29,82 | 3.965 | 118.955 |
| Out/08 | 2,18 | 40,08 | 7.549 | 234.024 |
| Nov/08 | 2,16 | 47,32 | 8.819 | 264.563 |
| Dez/08 | 2,43 | 51,15 | 10.752 | 333.321 |
| Jan/09 | 1,41 | 52,49 | 6.413 | 198.793 |

3.5.6. Rio Faisqueira

O rio Faisqueira apresentou o menor valor de concentração de COD dos rios amostrados. Seus maiores valores de concentração e fluxo de COD foram registrados durante o mês de Outubro/08 (Tabela 6). Seus valores médios de concentração de COD, descarga fluvial são de 1,61 mg/L e 7,32 m³/s, respectivamente. A contribuição fluvial de COD durante o período amostral foi de 251.187 kg.

TABELA 6: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO FAISQUEIRA.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m³/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|--------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|---|
| Jun/08 | 1,99 | 5,02 | 866 | 25.967 |
| Jul/08 | 1,77 | 3,34 | 512 | 15.865 |
| Ago/08 | 1,16 | 4,11 | 410 | 12.722 |
| Set/08 | 1,26 | 4,00 | 434 | 13.019 |
| Out/08 | 2,19 | 8,68 | 1.640 | 50.843 |
| Nov/08 | 1,44 | 12,58 | 1.569 | 47.070 |
| Dez/08 | 1,54 | 10,51 | 1.402 | 43.452 |
| Jan/09 | 1,53 | 10,33 | 1.363 | 42.249 |

3.5.7. Rio Tagaçaba

Apresentou a maior concentração de COD (Tabela 7) durante o mês de Julho/08, e seu maior aporte de COD foi durante o mês de Outubro/08. Verificou-se um valor médio de concentração de COD de 1,11 mg/L, e de descarga fluvial de 8,84 m³/s; seu fluxo de COD foi de 196.908 kg/período (amostral).

TABELA 7: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO TAGAÇABA.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m^3/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|---------------|-------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
| Jun/08 | 1,34 | 6,34 | 736 | 22.086 |
| Jul/08 | 1,63 | 4,18 | 589 | 18.249 |
| Ago/08 | 0,98 | 5,86 | 496 | 15.366 |
| Set/08 | 0,82 | 5,80 | 410 | 12.313 |
| Out/08 | 1,39 | 10,57 | 1.265 | 39.210 |
| Nov/08 | 1,06 | 10,25 | 938 | 28.136 |
| Dez/08 | 0,60 | 15,02 | 777 | 24.098 |
| Jan/09 | 1,10 | 12,70 | 1.208 | 37.451 |

3.5.8. Rio Serra Negra

Apresentou seu maior aporte durante o mês de Dezembro/08 e a maior concentração de COD foi encontrada durante o mês de Julho/08 (Tabela 8). O rio Serra Negra apresentou o valor médio de concentração de COD, de 1,38 mg/L e descarga fluvial de 10,45 m^3/s . O aporte total de COD durante o período amostral foi de 295.591 kg.

TABELA 8: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m^3/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO SERRA NEGRA.

| <i>Data</i> | <i>COD (mg/L)</i> | <i>Descarga Fluvial (m^3/s)</i> | <i>Fluxo Diário (Kg/dia)</i> | <i>Fluxo Mensal COD (Kg/mês)</i> |
|---------------|-------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
| Jun/08 | 1,04 | 7,15 | 641 | 19.226 |
| Jul/08 | 2,40 | 4,74 | 985 | 30.548 |
| Ago/08 | 0,95 | 6,36 | 521 | 16.149 |
| Set/08 | 1,22 | 7,06 | 746 | 22.382 |
| Out/08 | 1,70 | 12,74 | 1.872 | 58.017 |
| Nov/08 | 1,16 | 14,59 | 1.460 | 43.791 |
| Dez/08 | 1,66 | 14,62 | 2.093 | 64.885 |
| Jan/09 | 0,93 | 16,33 | 1.309 | 40.593 |

3.5.9. Rio Guaraqueçaba

O rio Guaraqueçaba apresentou os maiores valores de concentração e fluxos de COD no mês de Dezembro/08 (Tabela 9). Seus valores médios de concentração de COD e descarga fluvial foram de 1,64 mg/L e 6,92 m³/s, respectivamente. O seu fluxo total de COD foi de 235.022 kg/período amostral.

TABELA 9: CONCENTRAÇÃO DE COD (mg/L), DESCARGA FLUVIAL (m³/s), FLUXO DIÁRIO (kg/dia) E FLUXO MENSAL DE COD (kg/mês) PARA O RIO GUARAQUEÇABA.

| Data | COD (mg/L) | Descarga Fluvial (m³/s) | Fluxo Diário (Kg/dia) | Fluxo Mensal COD (Kg/mês) |
|---------------|-------------------|---|------------------------------|----------------------------------|
| Jun/08 | 1,08 | 4,50 | 421 | 12.644 |
| Jul/08 | 2,27 | 3,01 | 591 | 18.333 |
| Ago/08 | 1,02 | 3,77 | 333 | 10.330 |
| Set/08 | 1,20 | 4,90 | 506 | 15.190 |
| Out/08 | 1,53 | 8,74 | 1.153 | 35.746 |
| Nov/08 | 1,38 | 11,86 | 1.413 | 42.392 |
| Dez/08 | 3,55 | 7,14 | 2.192 | 67.947 |
| Jan/09 | 1,06 | 11,47 | 1.047 | 32.442 |

3.6. Distribuição Espacial

A análise espacial iniciou-se com uma separação dos rios que compõe a área de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá em 03 distintos compartimentos, cada qual com um tipo de agrupamento de rios diferente. Estes agrupamentos dos rios se fizeram a partir das semelhanças de suas bacias hidrográficas, e a localização das mesmas.

O compartimento “Leste-Oeste” agrupa os rios Sagrado, Nhundiaquara, Cacatu, Cachoeira e Faisqueira e apresentou uma concentração média de COD de 1,66 mg/L, média de descarga fluvial de 69,69 m³/s e fluxo médio diário de 10.630 kg/dia. O compartimento “Norte-Sul”, com os rios Tagaçaba, Serra Negra e Guaraqueçaba, apresentou concentração média de COD de 1,38 mg/L, vazão média de 26,21 e fluxo médio diário de 2.963 kg/dia. O compartimento “Planície Costeira”, sendo representado unicamente pelo rio Guaraguaçu, teve concentração média de

COD de 8,77 mg/L, 9,54 m³/s de vazão fluvial e 7.503 kg/dia de fluxo médio diário (Tabela 10).

TABELA 10: DIFERENÇAS ENTRE OS COMPARTIMENTOS, NAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COD E NAS DESCARGAS FLUVIAIS MÉDIAS.

| Compartimentos | Concentração Média de COD mg/L | Descarga Fluvial Média m³/s |
|--------------------------|---|---|
| Norte-Sul | 1,38 | 26,21 |
| Leste-Oeste | 1,66 | 69,69 |
| Planície Costeira | 8,77 | 9,54 |

A Figura 16 ilustra graficamente as diferenças nos fluxos médios diários de COD para os compartimentos em questão, calculados a partir das concentrações médias de COD e descargas médias apresentadas na tabela anterior.

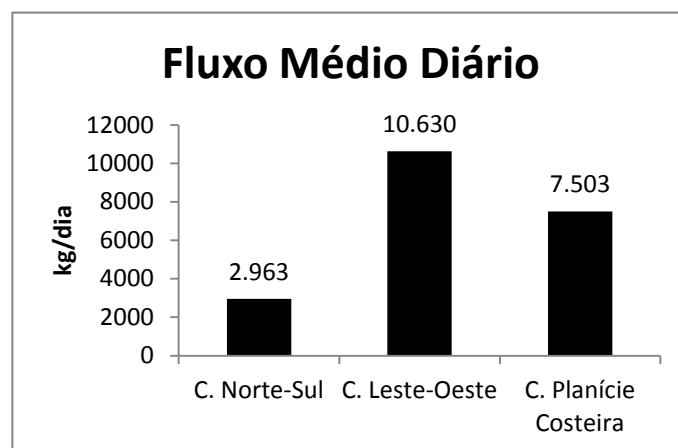


FIGURA 19: DIFERENÇAS NOS FLUXOS MÉDIOS DIÁRIOS ENTRE OS COMPARTIMENTOS PRÉ-ESTABELECIDOS.

3.7. Distribuição Sazonal

Compreenderam-se como estação seca, os meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro. Entretanto, o termo “seco” para a referente área pode ser considerado errôneo, pois como descreve KOEPPEN o clima da região é classificado como “Chuvoso tropical sempre úmido” e pela análise dos resultados de precipitação, tais meses mostraram-se “menos chuvosos”.

A estação chuvosa foi representada pelos meses de Outubro, Novembro, Dezembro e Janeiro.

A Figura 17 apresenta os fluxos de COD, nos rios que compõe o CEP, diferenciando-os sazonalmente. Verifica-se que os fluxos de COD mais elevados foram carregados pelo Rio Guaraguaçu, no período chuvoso, como esperado.

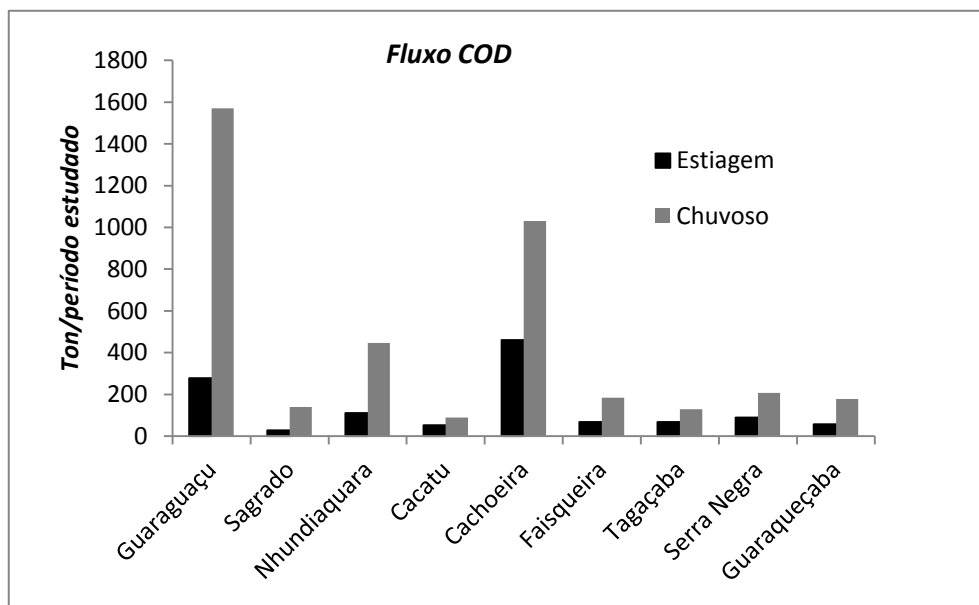


FIGURA 20: VARIAÇÕES TEMPORAIS NOS APORTES DE COD (TONELADAS).

A Tabela 11 relaciona as diferenças sazonais nas concentrações médias de COD, nas descargas fluviais médias e nos aportes de COD, para todos os rios amostrados, em termos de porcentagem, evidenciando que no verão houve um aumento nos fluxos fluviais de COD para todos os rios do sistema, apesar de os rios Tagaçaba e Serra Negra apresentarem diminuições nas concentrações de COD.

TABELA 11: DIFERENÇAS PERCENTUAIS NAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COD, NAS DESCARGAS FLUVIAIS MÉDIAS E NOS APORTES MÉDIOS DE COD, ENTRE AS ESTAÇÕES CHUVOSA E SECA.

| Rios | Concentração COD (%) | Descarga Fluvial (%) | Aporte COD (%) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Guaraguaçu | 36 | 76 | 82 |
| Sagrado | 23 | 76 | 81 |
| Nhundiaquara | 10 | 71 | 75 |
| Cacatu | 14 | 31 | 41 |
| Cachoeira | 20 | 42 | 55 |
| Faisqueira | 8 | 61 | 63 |
| Tagaçaba | -15 | 54 | 47 |
| Serra Negra | -3 | 57 | 57 |
| Guaraqueçaba | 26 | 59 | 68 |
| CEP | 31 | 56 | 69 |

As diferenças sazonais nas concentrações médias de COD, nas descargas fluviais médias e nos aportes fluviais de COD para os três compartimentos considerados, são ilustradas na Figura 18 e, em termos percentuais, na Tabela 12. Como se pode observar, o compartimento Leste-Oeste foi o principal contribuinte para a o aporte fluvial de COD no CEP. Na tabela, visualiza-se que para todos os parâmetros analisados, houve um aumento nos seus valores. O aumento verificado nos aportes de COD foi de 58% para o compartimento “Norte-Sul”, 62% para o compartimento “Leste-Oeste” e 82% para o compartimento “Planície Costeira”.

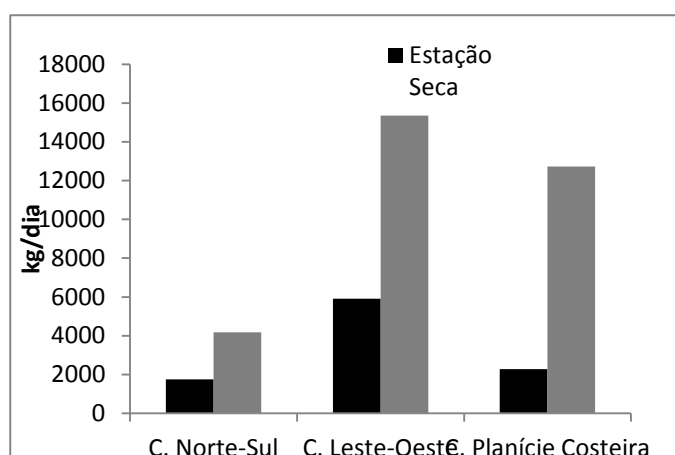


FIGURA 21: DIFERENÇAS NO FLUXO MÉDIO DIÁRIO (kg/dia) ENTRE OS COMPARTIMENTOS, DURANTE AS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.

TABELA 12: DIFERENÇAS SAZONAIS PERCENTUAIS DOS COMPARTIMENTOS NAS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE COD, DESCARGAS FLUVIAIS MÉDIAS E NOS APORTES MÉDIOS DE COD, ENTRE AS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.

| Compartimentos | Concentração COD (%) | Descarga Fluvial (%) | Aporte COD (%) |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| C. Norte-Sul | 7 | 56 | 58 |
| C. Leste-Oeste | 15 | 53 | 62 |
| C. Planície Costeira | 36 | 76 | 82 |

3.8. Aporte Anual

Para realizar a estimativa de aporte fluvial anual de COD para o CEP, fez-se uma extrapolação dos dados. Para entendimento da extrapolação, um exemplo será apresentado: Exemplo rio Guaraguaçu (a)

*Soma dos aportes mensais de COD do rio Guaraguaçu = **Ya**.

Obs: os meses amostrados foram 8 (Junho/08, Julho/08, Agosto/08, Setembro/08, Outubro/08, Novembro/08, Dezembro/08 e Janeiro/09).

*Média dos aportes mensais de COD do rio Guaraguaçu = **Xa**.

*A fim de se obter um valor, referente ao aporte dos 4 meses que faltam para completar um ano, foi multiplicado a média dos aportes mensais (**Xa**) por 4 = **Wa**.

Por fim, para obter o aporte anual do rio Guaraguaçu, foram somados os valores de **Wa** com **Ya** = **Za**.

A partir deste cálculo de extrapolação efetuado com base na estimativa do aporte fluvial global de COD e, convertendo-a em escala anual, estimou-se que cerca de 7.800 toneladas de Carbono Orgânico Dissolvido são aportadas anualmente para o Complexo Estuarino de Paranaguá.

3.9. Representatividade Local e Global

Com base no cálculo percentual de representatividade dos rios no sistema de drenagem do CEP, verificou-se que 36% e 29% dos aportes fluviais de COD são realizados pelos rios Guaraguaçu e Cachoeira, respectivamente. Os percentuais de representação dos demais rios não superam os 11%.

O sistema de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá contribui com 0,003% dos aportes terrígenos fluviais globais de Carbono Orgânico Dissolvido e 0,01% da descarga fluvial global.

4. DISCUSSÃO

Como descrito nos resultados (seção 3.2), verificou-se que apesar da grande variação nos valores do coeficiente de determinação nos rios do CEP, é possível, em alguns casos, a utilização da espectrofotometria para inferir a concentração de Carbono Orgânico Dissolvido. Para os rios Guaraguaçu ($r^2=0,72$), Nhundiaquara ($r^2=0,66$) e Guaraqueçaba ($r^2=0,76$), especula-se que a absorbância do Gelbstoff pode ser aplicada para inferir quantitativamente o COD fluvial. As correlações mensais, aplicadas sem os dados do *outlier*- rio Guaraguaçu mostraram-se muito variáveis, entre $r^2= 0,01$ e $r^2=0,93$. Os menores coeficientes de determinação dos meses, Setembro/08 ($r^2=0,01$) e Novembro/08 ($r^2=0,24$), podem ser explicados devido à problemas de logística durante esses meses. As más condições das estradas de acesso aos rios impossibilitaram a realização da amostragem nos dias adequados, subestimando, assim, as concentrações de COD e mascarando as correlações dos dados.

Para a análise do período amostral completo, verificou-se que com a retirada dos dados referentes ao rio Guaraguaçu, a correlação decaiu (passando de $r^2=0,91$ para $r^2=0,45$), configurando assim o *outlier* em relação aos demais rios. Por outro lado, o enorme decaimento do “ r^2 ”, pode ser justificado pela grande influência que o rio Tagaçaba demonstra com seus dados de correlação, $r^2=0,01$. Portanto, infere-se que um rio, o Guaraguaçu, influencia positivamente a correlação dos dados, enquanto que o outro rio, o Tagaçaba, influencia negativamente a correlação dos dados, porém a análise, sem os dados destes rios, perde poder devido à diminuição significativa do “ n ” amostral.

Verificou-se que durante os meses de verão, houve um aumento nos valores de descarga fluvial e de temperatura, demonstrando a ocorrência, ao menos no ano em questão, de sazonalidade para o sistema.

A variação dos teores de COD nos rios que deságuam no Complexo Estuarino de Paranaguá pode ser atribuída às características das bacias hidrográficas: bacias com leitos predominantemente rochosos, onde a água não percorre constantemente compartimentos orgânicos, como é o caso da bacia do rio Tagaçaba, as concentrações de COD são menores, semelhantes aos rios de clima semiárido, com concentração média típica de 1 mg/L de COD (MEYBECK, 1988, SPITZY & LEENHEER, 1991, CAUWET, 2002). Já as bacias dos rios sinuosos, não tão íngremes e também de planície, como a bacia de drenagem do rio Guaraguaçu, apresentam valores altos de concentração, típicos ao clima regional Tropical Úmido, com média típica de

concentração de 8 mg/L (MEYBECK, 1988, SPITZY & LEENHEER, 1991, CAUWET, 2002).

A separação dos rios amostrados em Compartimentos “Norte-Sul”, “Leste-Oeste” e “Planície Costeira”, faz-se condizente quando se analisa a influência que cada compartimento possui em relação à sua contribuição dos aportes de COD para o CEP. O compartimento “Planície Costeira” apesar de ser representado por somente um rio, possuiu uma importância hierárquica superior, em termos de contribuição para o aporte fluvial de Carbono Orgânico Dissolvido, do que o compartimento “Norte-Sul”, representado por três rios (Tagaçaba, Serra Negra e Guaraqueçaba) e que apresentou o menor fluxo médio diário dos compartimentos em questão. Assim podemos concluir que o compartimento “Leste-Oeste”, representado pelos rios Sagrado, Nhundiaquara, Cacatu, Cachoeira e Faisqueira, foi o principal contribuinte de COD para o CEP, seguido pelo compartimento “Planície Costeira” (Rio Guaraguaçu) e finalmente pelo compartimento “Norte-Sul”.

A análise da variação sazonal, aplicada para os rios amostrados, mostrou um aumento mínimo nos aportes de COD, durante o período Chuvoso, de 41% para o rio Cacatu; e um aumento máximo de 82% para o rio Guaraguaçu. Estes aumentos, variações, nos aportes de COD durante as épocas de chuva, já foram apontados por Worrall & Burt (2007b), especulando que os fluxos gerais de COD sofrem grande influência do ciclo anual das chuvas.

Quando considerados os três compartimentos, verificou-se que todos eles sofreram um incremento significativo no aporte de COD, chegando a 82% de aumento para o compartimento “Planície Costeira”, 62% para o compartimento “Leste-Oeste” e 58% para o compartimento “Norte-Sul”, demonstrando novamente a grande influência da sazonalidade para este sistema de drenagem.

Relacionando o fluxo anual de COD com os fluxos fluviais dos rios amostrados, foi visto que 36% e 29% do aporte anual de COD de 7.800 toneladas, são realizadas pelos rios Guaraguaçu e Cachoeira, respectivamente. Portanto, estes são os rios mais importantes, em termos de aportes fluviais de Carbono Orgânico Dissolvido para Complexo Estuarino de Paranaguá.

A Tabela 13 apresenta os valores de descarga fluvial e os aportes de COD dos maiores rios do planeta (CAUWET, 2002), em comparação com os rios que compõe o sistema de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá. Nesta tabela, os valores para o CEP foram estimados considerando-o como um único compartimento ou unidade de corpo d'água. Também são apresentados os valores que cada unidade de corpo d'água (rios e CEP) possui perante as estimativas globais de descarga fluvial e fluxo fluvial de COD (CAUWET, 2002).

TABELA 13: DESCARGA FLUVIAL TOTAL DOS RIOS AMOSTRADOS E DO SISTEMA DE DRENAGEM DO CEP E AS SUAS RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES GLOBAIS; FLUXOS DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO E SUAS RESPECTIVAS CONTRIBUIÇÕES GLOBAIS.

| Rios | Descarga Fluvial km ³ /ano | Representatividade Global (descarga) % | Aporte COD 10 ⁶ ton/ano | Representatividade Global (COD) % |
|--------------------------------|--|---|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>América do Sul</i> | | | | |
| Amazonas | 5.780 | 16,5 | 19,1 | 7,64 |
| Orinoco | 1.100 | 3,1 | 4,5 | 1,8 |
| Paraná | 470 | 1,3 | 5,9 | 2,36 |
| Uruguai | 145 | 0,4 | 0,5 | 0,2 |
| Guaraguaçu | 0,303 | 0,0009 | 0,0028 | 0,001 |
| Sagrado | 0,146 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 |
| Nhundiaquara | 0,485 | 0,0014 | 0,0008 | 0,0003 |
| Cacatu | 0,148 | 0,0004 | 0,0002 | 0,00008 |
| Cachoeira | 1,200 | 0,0034 | 0,0022 | 0,0009 |
| Faisqueira | 0,233 | 0,0007 | 0,0004 | 0,0002 |
| Tagaçaba | 0,281 | 0,0008 | 0,0003 | 0,0001 |
| Serra Negra | 0,332 | 0,0009 | 0,0004 | 0,0002 |
| Guaraqueçaba | 0,220 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0001 |
| <u>CEP</u> | <u>3,35</u> | <u>0,01</u> | <u>0,008</u> | <u>0,003</u> |
| <i>América do Norte</i> | | | | |
| Mississipi | 410 | 1,2 | 3,5 | 1,40 |
| Columbia | 182 | 0,5 | 0,4 | 0,16 |
| St. Lawrence | 413 | 1,2 | 1,55 | 0,62 |
| Mackenzie | 249 | 0,7 | 1,3 | 0,52 |
| Yukon | 210 | 0,6 | 0,9 | 0,36 |
| <i>África</i> | | | | |
| Zaire | 1.300 | 3,7 | 10,15 | 4,06 |
| Niger | 152 | 0,4 | 0,53 | 0,21 |
| Nile | 38 | 0,1 | 0,19 | 0,08 |
| Orange | 11 | 0,0 | 0,03 | 0,01 |
| <i>Ásia</i> | | | | |
| Ob | 433 | 1,2 | 1,98 | 0,79 |
| Yenisei | 555 | 1,6 | 3 | 1,20 |
| Lena | 505 | 1,4 | 3,6 | 1,44 |
| Yellow | 34,2 | 0,1 | 0,076 | 0,03 |
| Yang Tse | 925 | 2,6 | 1,8 | 0,72 |
| Pearl | 222 | 0,6 | 1,1 | 0,44 |
| Ganges+Brahmaputra | 971 | 2,8 | 3,6 | 1,44 |
| Indus | 238 | 0,7 | 0,75 | 0,30 |
| <i>Europa</i> | | | | |
| Danube | 198 | 0,6 | 0,59 | 0,24 |
| Po | 46,4 | 0,1 | 0,12 | 0,05 |
| Rhone | 59,9 | 0,2 | 0,18 | 0,07 |
| Loire | 27 | 0,1 | 0,11 | 0,04 |
| Garonne | 21,4 | 0,1 | 0,075 | 0,03 |
| Anual | 35.000 | 100 | 250 | 100 |

A contribuição global de Carbono Orgânico Dissolvido do sistema de drenagem do CEP para os oceanos (0,003%) parece ser significativa, apesar de não existir na literatura dados sobre representatividade de outros estuários.

Através da Tabela 13, verificam-se as contribuições que os maiores rios do planeta perfazem perante a estimativa global. E, a partir desta, pode-se compreender a real significância do Complexo Estuarino de Paranaguá, em termos de contribuição. Além disso, a contribuição aqui relatada constitui, muito provavelmente, uma estimativa subestimada dos fluxos fluviais de COD para o sistema. O sistema de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá possui aproximadamente 9.000 canais de água, a região do entorno do CEP é dominada por regiões de manguezais (ÂNGULO, 1992b), e estes são conhecidos por sua importância na produção e no aporte de matéria orgânica para o mar. Além disso, a estimativa global realizada por CAUWET (2002) levou em consideração os aportes fluviais de todos os países que possuem saída para o mar. Cabe lembrar que discuto aqui, os fluxos fluviais de apenas um dos sistemas de drenagem que o estado do Paraná possui. O estado do Paraná, por outro lado, é somente um dos 16 estados costeiros do Brasil, que é um dos 11 países costeiros na América do Sul. Assim, é de se supor que os aportes fluviais globais de COD para os oceanos sejam bem mais elevados do que o valor estimado por CAUWET (2002), de 250.000.000 ton/ano.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados aqui relatados, conclui-se que é viável inferir quantitativamente a concentração de Carbono Orgânico Dissolvido através da metodologia de espectrofotometria simples, ao comprimento de 320 nm, para os rios que apresentaram coeficientes de determinação superiores a 60%, ou seja, rios Guaraguaçu, Guaraqueçaba e Nhundiaquara, ou em uma análise temporal, por exemplo, como feito nas análises mensais. Verificou-se também, que, o período ideal de amostragem, é o período que sucede às chuvas corriqueiras, que acabam por “lavar” a bacia de drenagem. Essa “lavagem” feita pela chuva transporta a matéria orgânica em decomposição para os rios, no primeiro instante da chuva, elevando assim a correlação, porém nos dias subsequentes, a vazão do rio continua alta e a quantidade de matéria orgânica em decomposição carregada é menor, alterando assim, a correlação dos dados.

Concluiu-se também que para o período amostral em questão, ano de 2008 e início de 2009, a sazonalidade foi extremamente modeladora dos fluxos fluviais de COD para o sistema. Em períodos mais quentes, de maior precipitação pluviométrica,

os fluxos foram muito superiores (no mínimo 41%) aos meses mais frios e de menores precipitações.

Viu-se que é possível compartimentalizar os aportes de COD para o CEP, apesar de constituir uma primeira abordagem sobre a espacialização das sub-bacias de drenagem do sistema. Além disso, verificamos que a abordagem temporal é muito bem aplicada a esta espacialização.

Por fim, conclui-se que apesar do fluxo fluvial anual de Carbono Orgânico Dissolvido para o Complexo Estuarino de Paranaguá ter sido provavelmente subestimado, possui importância no balanço global de COD, assim como o volume de água doce que é transportado por entre as sub-bacias de drenagem do Complexo Estuarino de Paranaguá.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMON, R. M. W. & R. BENNER. 1994. Rapid cycling of high-molecular-weight dissolved organic matter in the ocean. *Nature*, 369: 549-552.
- ANGULO, R. J. 1992. Ambientes de sedimentação da planície costeira com cordões litorâneos no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, 40: 69-114.
- ANGULO, R. J. 1992b. Geologia da planície costeira do Estado do Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. USP. 332p.
- BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ. 2010. Revista. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 140 p.
- BAUM, A.; T. RIXEN & J. SAMIAJI. 2007 Relevance of peat draining rivers in central Sumatra for the riverine input of dissolved organic carbon into the ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 563-570.
- BENNER, R. & J. I. HEDGES. 1993. A test of the accuracy of fresh water DOC measurements by high-temperature catalytic oxidation and UV-promoted persulfate oxidation. *Marine Chemistry*, 41: 161-165.
- BENNER, R. & S. OPSAHL. 2001. Molecular indicator of the sources and transformations of dissolved organic matter in the Mississippi River plume. *Organic Geochemistry*, 32: 597-611.
- BOEHM P. D. & J. G. QUINN. 1973. Solubilization of hydrocarbons by the dissolved organic matter in sea water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37: 2459-2477.
- CAUWET, G. 2002. DOM in the Coastal Zone. In: Hansell and Carlson (Eds). *Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter*. 579-609.
- CUNICO, C. 2006. Dinâmica geomorfológica das bacias hidrográficas dos rios Serra Negra e Tagaçaba – litoral paranaense. *VI Simpósio Nacional de Geomorfologia*.
- GU B.; J. SCHMITT, Z. CHEN, L. LIANG & J. F. MCCARTHY. 1994. Adsorption and desorption of natural organic matter on iron oxide: mechanisms and models. *Environmental Science and Technology*, 28: 38-46.
- HANSELL, D. A. & C. A. CARLSON. 1998b. Deep ocean gradients in dissolved organic carbon concentrations. *Nature*, 395: 263-266.

- HANSELLI, D. A.; D. KADKO & N. R. BATES. 2004. Degradation of terrigenous dissolved organic carbon in the Western Arctic Ocean. *Science*, 304: 858-861.
- HEDGES, J. I. 1992. Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Marine Chemistry*, 39: 67-93.
- HEDGES, J. I.; R. G. KEIL & R. BENNER. 1997. What happens to terrestrial organic matter in the ocean? *Organic Geochemistry*, 27: 195-212.
- HUNG, J.-J.; S.-M. WANG & Y.-L. CHEN. 2007. Biogeochemical controls on distributions and fluxes of dissolved and particulate organic carbon in the Northern South China Sea. *Deep-Sea Research II*, 54: 1486-1503.
- KALLE, K. 1938. Zum Problem des Meereswasserfarbe. *Ann. Hydrobiol. Mar. Mitt.*, 66: 1-13.
- KARABASHEV, G. S.; S. A. KHANAEV, A. F. KULESHOV. 1993. On the variability of "yellow substance" in the Skagerrak and the Kattegat. *Oceanologica. Acta*, 16: 115-125.
- KIEBER R. J.; X. ZHOU & K. MOPPER. 1990. Formation of carbonyl compounds from UV-induced photodegradation of humic substances in natural waters: fate of riverine carbon in the sea. *Limnology and Oceanography*, 35: 1503-1515.
- KROM M. D. & E. R. SHOLKOVITZ. 1977. Nature and reactions of dissolved organic matter in the interstitial waters of marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41: 1565-1573.
- LANE, L. J.; M. HERNANDEZ & M. NICHOLS. 1997. Processes controlling sediment yield from watersheds as functions of spatial scale. *Environmental Modelling & Software*, 12: 355-369.
- MANTOVANELLI, A. & P. V. RIDD. 2008. SEDVEL: An underwater balance for measuring in situ settling velocities and suspended cohesive sediment concentrations. *Journal of Sea Research*, 60: 234-245.
- MARONE, E.; E. C. MACHADO, R. M. LOPES & E. T. SILVA. 2005. Land-Ocean fluxes in the Paranaguá Bay Estuarine System, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 53: 169-181.
- MEYERS-CHULTE, K. J. & J. I. HEDGES. 1986. Molecular evidence for a terrestrial component of organic matter dissolved in ocean water. *Nature*, 321: 61-63

- NAGASHIMA, E. S.; C. M. P. OKAWA & S. D. OLIVEIRA. 1996. Projeto Floresta Atlântica. Relatório referente ao monitoramento de estações fluviométricas e sedimentológicas da Bacia Litorânea. Apresentação dos dados coletados, SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Curitiba, PR.
- NOERNBERG, M. A.; E. MARONE, L. F. C. LAUTERT, N. BRANDINI & R. ANGELOTTI. 2004. Caracterização da estratificação salina na Baía de Guaratuba - PR. *In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2004, Itajaí, Santa Catarina. Livro de resumos.* Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí. 224.
- OKA-FIORI, C. & E. N. CANALI. 1998. Mapeamento geomorfológico. *In: LIMA, R. E. & NEGRELLE (Eds). Caracterização do NIMAD do litoral paranaense. Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná. Diagnóstico.* Curitiba: Editora da UFPR. 51-56.
- OKAWA, C. M. P.; E. J. MANASSÉS & E. S. NAGAHISMA. 1997. Projeto Floresta Atlântica. Relatório referente a cálculos de descarga sólida total, baseados em dados sedimentológicos. SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Curitiba, PR.
- PAULA E. V. & C. CUNICO. 2007. O assoreamento das baías de Antonina e de Paranaguá e a gestão de suas bacias hidrográficas. *In: Dragagens Portuárias no Brasil.* Antonina, Paraná. 144-154.
- PLANOS LOCAIS DE DESENVOLVIMENTO DA MARICULTURA. 2010. Ministério da Pesca e Aquicultura. v. 1. 88p.
- RHA ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. 2008. Estimativa do Volume de Água Doce que Deságua no Litoral Paranaense. Relatório Técnico. 34p.
- SILVA, F. F. G. 2008. Composição e distribuição da ictiofauna do rio Guaraguaçu (Paranaguá, Paraná – BR) e biologia alimentar de três espécies. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 100p.
- SPITZY, A. & V. ITTEKKOT. 1986. Gelbstoff: an uncharacterized fraction of dissolved organic carbon. *In: The Influence of Yellow Substances on Remote Sensing of Seawater Constituents from Space*, Vol. 2, GKSS Geesthacht Research Center, Geesthacht, Germany, p. 31.
- SUDERHSA. 1998. Superintendência de desenvolvimento de recursos hídricos e saneamento ambiental. Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. Curitiba.

- THIMSEN C. A. & R. G. KEIL. 1998 Potential interactions between sedimentary dissolved organic matter and mineral surface. *Marine Chemistry*, 62: 65-76.
- WANG, X.-C.; R. F. CHEN & G. B. GARDNER. 2004. Sources and transport of dissolved and particulate organic carbon in the Mississippi River estuary and adjacent coastal waters of the northern Gulf of Mexico. *Marine Chemistry*, 89: 241-256.
- WHITEHOUSE, B. G.; R. W. MACDONALD, K. ISEKI, M. B. YUNKER & F. A. MCLAUGHLIN. 1989. Organic carbon and colloids in the Mackenzie River and Beaufort Sea. *Marine Chemistry*, 26: 371-378.
- WILLIAMS, P. M. & E. R. M. DRUFFEL. 1987. Radiocarbon in dissolved organic matter in the Central North Pacific Ocean. *Nature*, 330: 246-248.
- WOLLAST, R. 1993. Interactions of carbon and nitrogen cycles in the coastal zone. In: WOLLAST, R.; F. T. MACKENZIE & L. CHOU (Eds): *Interactions of C, N, P and S Biogeochemical Cycles and Global Change*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg. NATO ASI Series I (4):401-445.

7. ANEXO DADOS BRUTOS

| Rio | Data | COD | Absorbância | pH | Temperatura | Descarga Fluvial |
|--------------|--------|--------|-------------|-------|-------------|------------------|
| | | mg/L | 320 nm | | °C | m³/s |
| Guaraguaçu | jun/08 | 6,811 | 0,9695 | 8,72 | 18,23 | 4,82 |
| Guaraguaçu | jul/08 | 4,592 | 0,636 | 7,27 | 19,29 | 2,39 |
| Guaraguaçu | ago/08 | 9,641 | 1,453 | 7,24 | 21 | 3,92 |
| Guaraguaçu | set/08 | 6,210 | 0,953 | 6,95 | 20,15 | 3,83 |
| Guaraguaçu | out/08 | 10,530 | 1,663 | 6,24 | 21,28 | 13,27 |
| Guaraguaçu | nov/08 | 4,823 | 1,6937 | 0 | 23,39 | 21,06 |
| Guaraguaçu | dez/08 | 16,830 | 2,6351 | 4,98 | 21,62 | 9,62 |
| Guaraguaçu | jan/09 | 10,700 | 1,989 | 5,8 | 25,99 | 17,41 |
| Sagrado | jun/08 | 1,294 | 0,16095 | 8,205 | 19,035 | 2,33 |
| Sagrado | jul/08 | 1,614 | 0,20535 | 7,135 | 19,66 | 1,15 |
| Sagrado | ago/08 | 1,476 | 0,19905 | 7,375 | 21,11 | 1,89 |
| Sagrado | set/08 | 1,400 | 0,2095 | 1,82 | 18,9 | 1,85 |
| Sagrado | out/08 | 2,002 | 0,1775 | 7,255 | 20,1 | 6,40 |
| Sagrado | nov/08 | 1,484 | 0,1742 | 0 | 23,345 | 10,16 |
| Sagrado | dez/08 | 2,397 | 0,27675 | 6,64 | 19,085 | 4,64 |
| Sagrado | jan/09 | 1,583 | 0,269 | 6,78 | 21,64 | 8,40 |
| Nhundiaquara | jun/08 | 1,646 | 0,21525 | 7,805 | 18,615 | 6,87 |
| Nhundiaquara | jul/08 | 2,220 | 0,21225 | 6,95 | 19,31 | 3,14 |
| Nhundiaquara | ago/08 | 1,428 | 0,16425 | 7,51 | 21,025 | 7,05 |
| Nhundiaquara | set/08 | 1,371 | 0,1446 | -3,52 | 18,335 | 10,19 |
| Nhundiaquara | out/08 | 2,378 | 0,258 | 7,32 | 18,855 | 26,31 |
| Nhundiaquara | nov/08 | 1,181 | 0,16265 | 0 | 22,375 | 34,28 |
| Nhundiaquara | dez/08 | 2,683 | 0,29095 | 6,7 | 19,04 | 16,14 |
| Nhundiaquara | jan/09 | 1,171 | 0,219 | 6,725 | 22,065 | 18,51 |
| Cacatu | jun/08 | 1,330 | 0,1082 | 6,47 | 18,32 | 5,33 |
| Cacatu | jul/08 | 1,274 | 0,1465 | 7,29 | 18,65 | 3,93 |
| Cacatu | ago/08 | 0,927 | 0,1005 | 6,77 | 20,53 | 2,99 |
| Cacatu | set/08 | 1,743 | 0,0994 | 0 | 17,69 | 2,94 |
| Cacatu | out/08 | 2,010 | 0,212 | 7,3 | 18,64 | 4,79 |
| Cacatu | nov/08 | 1,478 | 0,1359 | 0 | 21,87 | 6,33 |
| Cacatu | dez/08 | 1,698 | 0,2704 | 6,41 | 18,59 | 5,51 |
| Cacatu | jan/09 | 0,916 | 0,174 | 6,72 | 21,88 | 5,44 |
| Cachoeira | jun/08 | 1,289 | 0,1356 | 7,41 | 18,31 | 38,49 |
| Cachoeira | jul/08 | 1,951 | 0,1891 | 7,47 | 18,08 | 19,72 |
| Cachoeira | ago/08 | 1,764 | 0,174 | 7,07 | 18,8 | 23,29 |
| Cachoeira | set/08 | 1,539 | 0,1401 | 0 | 17,78 | 29,82 |
| Cachoeira | out/08 | 2,180 | 0,203 | 7,32 | 18,42 | 40,08 |
| Cachoeira | nov/08 | 2,157 | 0,1763 | 0 | 20,89 | 47,32 |
| Cachoeira | dez/08 | 2,433 | 0,353 | 6,67 | 19,55 | 51,15 |
| Cachoeira | jan/09 | 1,414 | 0,291 | 7,03 | 22,01 | 52,49 |
| Faisqueira | jun/08 | 1,994 | 0,2021 | 7,495 | 17,61 | 5,02 |
| Faisqueira | jul/08 | 1,774 | 0,1582 | 7,28 | 18,135 | 3,34 |
| Faisqueira | ago/08 | 1,155 | 0,14815 | 7,605 | 18,5 | 4,11 |
| Faisqueira | set/08 | 1,256 | 0,09865 | 3,525 | 17,285 | 4,00 |
| Faisqueira | out/08 | 2,186 | 0,2165 | 7,375 | 19,795 | 8,68 |
| Faisqueira | nov/08 | 1,444 | 0,2144 | 0 | 20,735 | 12,58 |
| Faisqueira | dez/08 | 1,544 | 0,23435 | 7,105 | 20,205 | 10,51 |
| Faisqueira | jan/09 | 1,527 | 0,2965 | 6,865 | 22,58 | 10,33 |

| | | | | | | |
|--------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Tagaçaba | jun/08 | 1,344 | 0,1436 | 7,35 | 18,95 | 6,34 |
| Tagaçaba | jul/08 | 1,630 | 0,1819 | 7,51 | 19,15 | 4,18 |
| Tagaçaba | ago/08 | 0,979 | 0,1399 | 7,43 | 22,36 | 5,86 |
| Tagaçaba | set/08 | 0,819 | 0,1055 | -3,9 | 19,08 | 5,8 |
| Tagaçaba | out/08 | 1,385 | 0,102 | 7,38 | 20,06 | 10,57 |
| Tagaçaba | nov/08 | 1,059 | 0,1136 | 0 | 23,32 | 10,25 |
| Tagaçaba | dez/08 | 0,599 | 0,1591 | 6,97 | 20,77 | 15,02 |
| Tagaçaba | jan/09 | 1,101 | 0,208 | 7,11 | 24,66 | 12,7 |
| Serra Negra | jun/08 | 1,037 | 0,1234 | 6,78 | 18,61 | 7,15 |
| Serra Negra | jul/08 | 2,404 | 0,2579 | 7,31 | 18,12 | 4,74 |
| Serra Negra | ago/08 | 0,948 | 0,1273 | 7,27 | 21,46 | 6,36 |
| Serra Negra | set/08 | 1,223 | 0,1313 | 7,27 | 17,53 | 7,06 |
| Serra Negra | out/08 | 1,700 | 0,141 | 7,45 | 20,08 | 12,74 |
| Serra Negra | nov/08 | 1,158 | 0,1274 | 0 | 22,7 | 14,59 |
| Serra Negra | dez/08 | 1,657 | 0,2388 | 6,93 | 20,49 | 14,62 |
| Serra Negra | jan/09 | 0,928 | 0,19 | 7,04 | 23,9 | 16,33 |
| Guaraqueçaba | jun/08 | 1,084 | 0,1115 | 7,26 | 18,94 | 4,5 |
| Guaraqueçaba | jul/08 | 2,274 | 0,1934 | 7,18 | 18,4 | 3,01 |
| Guaraqueçaba | ago/08 | 1,023 | 0,1234 | 6,97 | 21,24 | 3,77 |
| Guaraqueçaba | set/08 | 1,196 | 0,1506 | -4,02 | 18,33 | 4,9 |
| Guaraqueçaba | out/08 | 1,527 | 0,142 | 7 | 20,94 | 8,74 |
| Guaraqueçaba | nov/08 | 1,379 | 0,1509 | 0 | 22,31 | 11,86 |
| Guaraqueçaba | dez/08 | 3,553 | 0,392 | 6,36 | 20,78 | 7,14 |
| Guaraqueçaba | jan/09 | 1,056 | 0,225 | 6,71 | 24,3 | 11,47 |

1.